

Regione Umbria



**COMMISSARIO STRAORDINARIO
RICOSTRUZIONE SISMA - 2016**

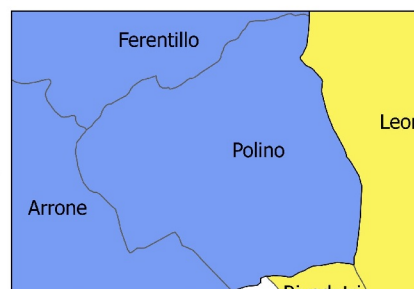
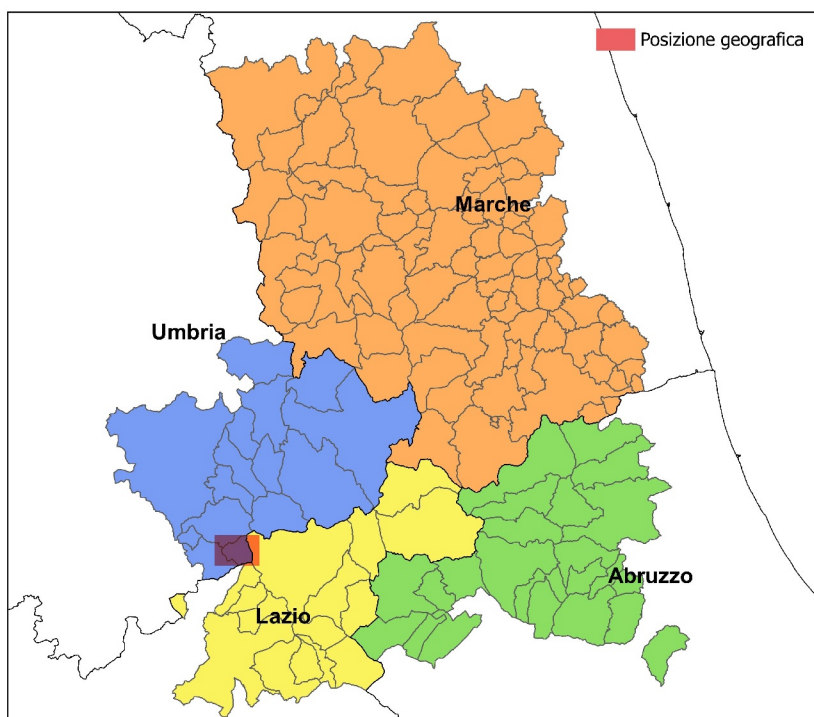
Microzonazione Sismica di livello 3 del Comune di Polino ai sensi dell'Ordinanza
del Commissario Straordinario n.24 registrata il 15 maggio 2017 al n.1065

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione illustrativa

Regione Umbria

Comune di Polino



Soggetto Realizzatore

Dott. Geol. Tonino Uffreduzzi

SGA Studio
Geologi
Associati

Dott. F.Sabatini & Dott. T.Uffreduzzi
TERNI 05100 - Via Francesco Rismondo 19
tel. +39074458096 - CF e PI 00637290552
sga@geoass.eu sga@professionistipec.it www.geoass.eu

Data e revisione

CENTROMS
CENTRO PER LA
MICROZONAZIONE SISMICA
E LE SUE APPLICAZIONI

Sommario

1. INTRODUZIONE.....	3
1.1. Finalità degli studi.....	3
1.2. Descrizione generale dell'area indagata.....	6
1.3. Definizione dei documenti di base utilizzati nello studio	8
1.4. Aree da sottoporre agli studi di MS.....	9
2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO	11
2.1. Sismicità storica dell'area di studio	11
2.2. Sismicità recente dell'area di studio.....	13
2.3. Pericolosità sismica di base	18
3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA.....	22
3.1. Inquadramento geologico	22
3.2. Assetto geomorfologico.....	24
3.3. Assetto stratigrafico.....	27
3.4. Elementi tettonici	35
4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI	36
4.1. Dati pregressi.....	36
4.1.2. Indagini geognostiche.....	36
4.1.3. Indagini geofisiche	36
4.2. Dati acquisiti ex-novo	36
4.2.1. Indagini geognostiche.....	38
4.2.2. Indagini geofisiche	38
4.2.3. Cronoprogramma delle indagini.....	38
4.2.4. Variazioni sul programma e cronoprogramma.....	39
4.2.5. Strumentazione utilizzata per le perforazioni	39
4.2.6. Strumentazione utilizzata per le indagini sismiche	39
4.2.7. Software utilizzati elaborazioni sismiche.....	42
4.2.8. Modalità di elaborazione dei dati acquisiti MASW	43
4.2.9. Modalità di elaborazione dei dati acquisiti HVSR.....	44

4.2.10. Risultati e modalità di presentazione degli stessi.....	45
5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO FINALIZZATO ALLA MS.....	46
5.1. Unità geologico-tecniche: definizione e parametrizzazione	46
5.2. Sezioni geologico-tecniche	47
6. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE	51
7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI.....	52
7.1. Zone stabili suscettibili di amplificazione	54
7.1.1. Scelta dell'input sismico (fornito dal CentroMS).....	54
7.1.2. Simulazioni numeriche	56
7.1.2.1. Ipotesi di modellazione.....	57
7.1.2.2. Curve di decadimento e smorzamento	59
7.1.2.3. Simulazioni numeriche 2D	60
7.1.2.4. Simulazioni numeriche 1D	61
7.3. Zone instabili.....	64
7.3.1. Faglie attive e capaci (FAC)	64
7.3.2. Liquefazioni (LQ)	64
7.3.3. Instabilità di versante sismoindotte (FR)	64
8. ELABORATI CARTOGRAFICI	66
8.1. Carta delle indagini	66
8.2. Carta delle frequenze naturali dei terreni	67
8.3. Carta Geologico Tecnica per la MS (CGT_MS).....	68
8.4. Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)	70
8.5. Carte di Microzonazione Sismica (MS) di livello 3	74
9. CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI.....	77
10. BIBLIOGRAFIA	78
APPENDICE 1 Stratigrafia sondaggio e Misurazioni di Sismica in foro (DH)	81

1. INTRODUZIONE

1.1. Finalità degli studi

L'oggetto del presente studio è quello di realizzare la Microzonazione Sismica di Livello 3 di un'area del territorio del Comune di Polino, coincidente con l'abitato del capoluogo.

Tale studio è finalizzato a quantificare la pericolosità sismica locale delle microzone mediante l'analisi delle risposte sismiche locali, monodimensionali (1D) e/o bidimensionali (2D), effettuate in corrispondenza di verticali rappresentative delle varie microzone, restituendo infine i fattori di amplificazione calcolati per prefissati intervalli di periodo (0.1-0.5 sec, 0.4-0.8 sec, 0.7-1.1 sec), nonché gli spettri di risposta in accelerazione al 5% di smorzamento.

La prestazione è stata svolta percorrendo le seguenti attività:

- raccolta ed elaborazione dei dati pregressi;
- definizione del piano di indagini integrative;
- integrazione dei rilievi geologico-tecnici di dettaglio;
- esecuzione delle indagini integrative;
- realizzazione della Carta delle indagini;
- archiviazione dei dati e dei metadati;
- digitalizzazione e revisione della Carta geologico-tecnica (CGT);
- realizzazione di sezioni geologico-tecniche e revisione di quelle già presenti;
- realizzazione della Carta delle Frequenze naturali dei terreni;
- definizione del modello di sottosuolo per lo studio di MS;
- revisione della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS);
- esecuzione di analisi numeriche monodimensionali (1D) di risposta sismica locale;
- realizzazione delle Carte di Microzonazione Sismica di livello 3, con indicazione dei fattori di amplificazione e degli spettri di risposta in accelerazione;
- redazione della Relazione Illustrativa.

Per quanto riguarda l'effettuazione dello studio si è tenuto conto delle disposizioni tecniche vigenti e dei riferimenti normativi di seguito elencati:

- Ordinanza del Commissario straordinario n. 24 registrata il 15/05/2017 al n. 1065);
- NTC 2008- Note 2008;
- 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";
- Contributi per l'aggiornamento degli Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica. Ingegneria Sismica, Anno XXVIII – n.2 – 2011;
- Commissione tecnica per la microzonazione sismica, 2015. Standard di rappresentazione e archiviazione informatica. a. Versione 4.0b. Roma, ottobre 2015. 122 pp.;
- 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;
- 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;
- 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;
- 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;
- 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 indagata

Il territorio comunale di Polino si colloca nell'Umbria Sud-Orientale, ai confini regionali con il Lazio (Provincia di Rieti), mentre nell'ambito regionale confina da N a S con i Comuni di Monteleone di Spoleto, Ferentillo e Arrone.

E' raggiungibile tramite la S.P. 17 che raggiunge il capoluogo a partire dalla S.S. n.209 Valnerina, a cui è collegata da un breve tratto della S.P. n.4 all'altezza di Arrone.

Dal punto di vista morfologico generale, il territorio di Polino appartiene ad un tipico settore montano appenninico, in cui i versanti acclivi sono separati da valli talvolta molto incise; i principali rilievi montuosi sono Monte La Pelosa (1635 metri), Monte Petano (1262 metri) e Monte Torrinara (1308 metri).

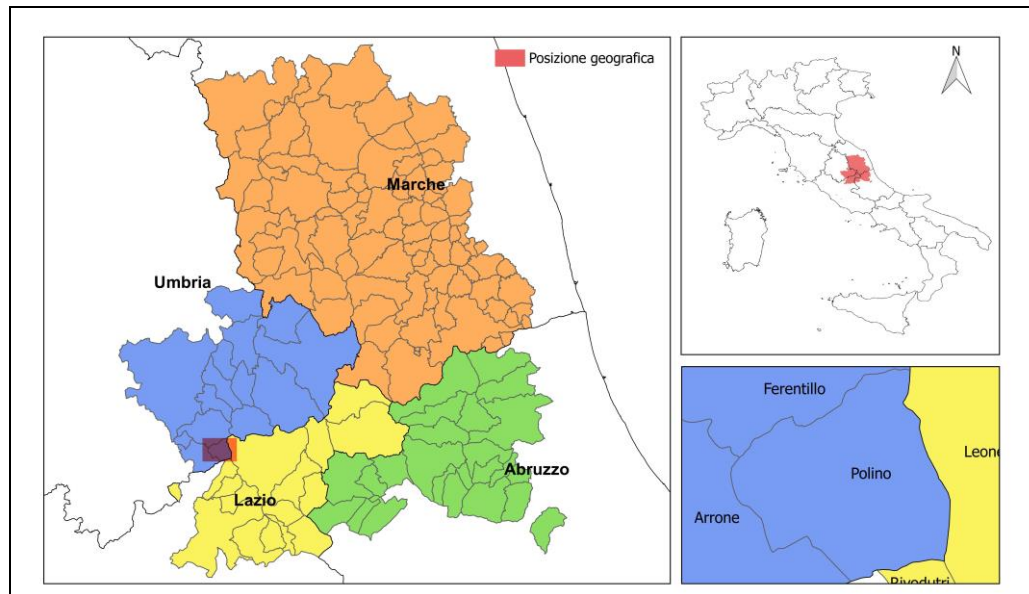
L'altezza topografica a cui si colloca l'intero territorio comunale è compresa all'incirca tra i 500 ed i 1600 metri s.l.m. e le quote diminuiscono in generale da Est verso Ovest.

L'area oggetto di studio include l'abitato di Polino ed un areale circostante di forma sub-rettangolare, di circa 550 metri in direzione NS e circa 850 metri in direzione EO.

L'abitato del capoluogo raggiunge una quota massima di circa 862 m s.l.m, in corrispondenza del rilievo calcareo sui cui si sviluppa; in particolare ne occupa il versante meridionale, meno acclive. La parte meridionale dell'abitato si sviluppa invece su una dorsale che degrada verso Nord dalla cima di Piano del Monte.

L'area di studio include ad Est un tratto del Fosso di Sargiola ed il relativo versante opposto, mentre ad Ovest comprende il pendio che degrada a valle dell'abitato, raggiungendo l'incisione del Fosso di Polino a quote minime di circa 590 metri s.l.m..

Nella seguente immagine è evidenziata la posizione geografica del Comune di Polino nell'ambito del territorio interessato dagli Studi di MS.



1.3. Definizione dei documenti di base utilizzati nello studio

Per la realizzazione dello studio e l'elaborazione delle cartografie tematiche è stata utilizzata come base topografica, la Carta Tecnica Regionale della Regione Umbria, alla scala 1:5.000 in formato raster e l'ortofoto relativa all'anno 2012 disponibile in servizio WMS sul Geoportale Nazionale.

Per quanto riguarda l'acquisizione dei dati geognostici sono state innanzitutto utilizzate indagini contenute negli studi di Microzonazione di Livello 1 e 2 forniti dalla Regione Umbria.

Inoltre ci si è avvalsi di uno studio di carattere geologico-tecnico svolti dallo Scrivente all'interno del territorio comunale, di committenza privata, nell'ambito dell'attività di libero professionista mentre ulteriori dati sono stati acquisiti presso l'Ufficio Tecnico comunale e si tratta in questo caso di studi per opere private e pubbliche, svolti da un altro professionista.

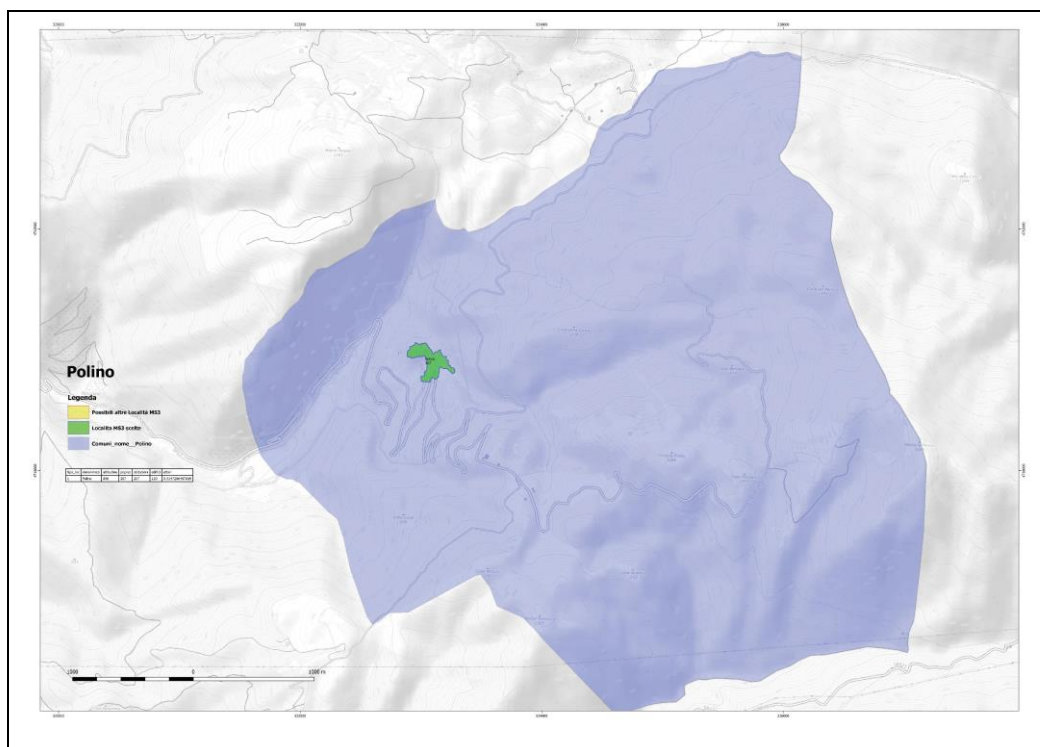
Nella parte generale riguardante l'assetto geologico-stratigrafico e tettonico dell'area, ci si è avvalsi di dati bibliografici contenuti principalmente nel:

- Foglio Geologico n.138 "Terni" della Carta Geologica d'Italia" e nelle relative Note Illustrative ma anche nello Studio di Microzonazione Sismica di Livello 2 già precedentemente redatto e fornito dalla Regione Umbria;
- Cartografia geologica pubblicata dalla Servizio Geologico della Regione Umbria - sezione 336150;
- studi di Microzonazione del 2014 eseguito dalla Regione Umbria
- Studio finalizzato alla definizione quantitativa degli effetti di amplificazione sismica del nucleo abitato di Polino (2004) dei Dott. Sandro Trastulli e Gian Luca Falciatori.

1.4. Aree da sottoporre agli studi di MS

Per quanto riguarda il presente studio riguardante il territorio del Comune di Polino, è stata effettuata la revisione dello studio di Microzonazione sismica di livello 1 e 2, adeguando agli standard attualmente vigenti sia la Carta CGT che la Carta delle MOPS, all'interno dell'area già individuata nel precedente studio di Microzonazione Sismica di 1 e 2 livello.

La Carta di Microzonazione Sismica di Livello 3 è stata invece redatta all'interno dell'area definita dall'Amministrazione Comunale ed approvata dal Commissario al Sisma, nonché caricate sul ftp comunale, di seguito indicata.

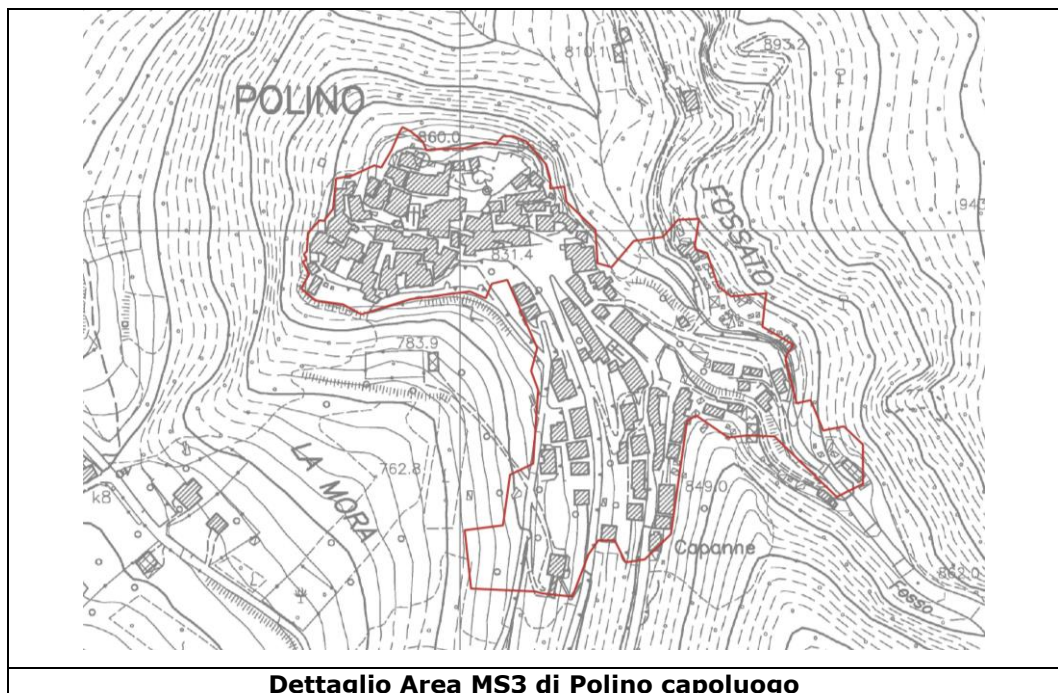


Come già descritto nel paragrafo precedente e come illustrato nella planimetria sopra riportata, si tratta dell'area del Capoluogo, la cui superficie da microzonare è pari a 5,31 ha come risulta dalla seguente tabella:

tipo_loc	denominazi	altitudine	popres	abitazioni	edifici	ettari
1	Polino	836	207	207	120	5.3147286407819

L'area di Polino capoluogo comprende il centro storico dell'abitato che nella parte settentrionale occupa il versante Sud di una cima rocciosa che raggiunge una quota massima di circa 862 m s.l.m.; la parte centrale è rappresentata da una sella morfologica (831 metri s.l.m.), mentre la parte meridionale occupa la parte iniziale (fino a quota circa 850 metri) di una dorsale che si collega più a Sud con la cima di Piano del Monte.

L'area di studio include ad Est un tratto del Fosso la Sargiola ed alcune costruzioni presenti alla base del versante opposto.



Dettaglio Area MS3 di Polino capoluogo

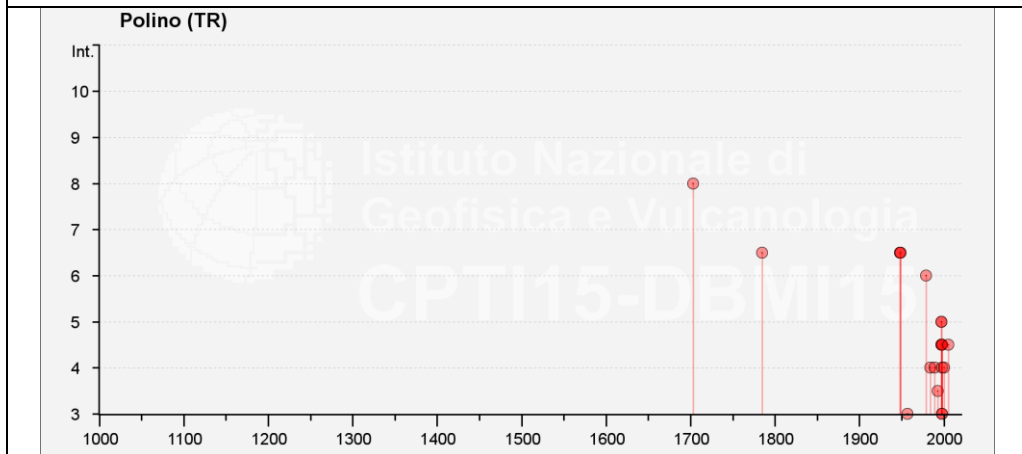
2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

2.1. Sismicità storica dell'area di studio

L'elenco dei terremoti riferibili al Comune di Polino relativa ai terremoti storici (con ricerca effettuata per località) di seguito riportato è stato tratto dal Database Macrosismico Italiano 2015 (DBMI15) dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, utilizzato per la compilazione del Catalogo Parametrico dei terremoti italiani CPTI15 (pubblicato nel 2016), dall'anno 1000 all'anno 2014 (*Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi: <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>*).

Seismic history of **Polino**
 PlaceID IT_50147
 Coordinates (lat, lon) 42.585, 12.844
 Municipality (ISTAT 2015) Polino
 Province Terni
 Region Umbria
 No. of reported earthquakes 28

Intensity	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
8	1703	01	14	18			Valnerina	197	11	6,92
6-7	1785	10	09	03	15		Monti Reatini	33	8-9	5,76
6-7	1948	12	17	21	18	02.00	Monti Reatini	3	5-6	4,4
6-7	1948	12	31	03	32		Monti Reatini	95	8	5,42
6-7	1949	10	27	19	08		Monti Reatini	9	6-7	4,98
3	1957	03	12	16	20		Valnerina	62	5	4,16
2	1957	07	19	09	04	07.00	Valle Umbra	58	6-7	4,58
6	1979	09	19	21	35	37.00	Valnerina	694	8-9	5,83
4	1984	04	29	05	02	59.00	Umbria settentrionale	709	7	5,62
NF	1989	11	19	03	40	22.54	Valnerina	38	5	4,13
4	1989	12	22	06	48	13.91	Valle Umbra	114	5	4,44
NF	1990	09	12	02	59	44.87	Valle Umbra	62	5-6	4,12
3-4	1993	06	05	19	16	17.02	Valle del Topino	326	6	4,72
NF	1994	06	02	16	41	23.61	Aquilano	60	4-5	3,99
NF	1994	06	02	17	38	13.82	Aquilano	106	5	4,21
4-5	1997	09	26	00	33	12.88	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5,66
5	1997	09	26	09	40	26.60	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5,97
5	1997	10	03	08	55	22.07	Appennino umbro-marchigiano	490		5,22
4-5	1997	10	06	23	24	53.29	Appennino umbro-marchigiano	437		5,47
3	1998	02	16	13	45	19.00	Valnerina	33		3,75
4-5	1998	03	21	16	45	09.21	Appennino umbro-marchigiano	141		5
4-5	1998	03	26	16	26	17.03	Appennino umbro-marchigiano	409		5,26
4	1998	04	05	15	52	21.01	Appennino umbro-marchigiano	395		4,78
3	1998	08	15	05	18	08.89	Reatino	233	5-6	4,42
NF	1999	10	10	15	35	51.91	Alto Reatino	79	4-5	4,21
NF	1999	11	29	03	20	33.86	Monti della Laga	62	5-6	4,15
4	2000	12	16	07	31	07.66	Ternano	129	5-6	4,29
4-5	2005	12	15	13	28	39.59	Val Nerina	350	5	4,14



Legenda	I [MCS]	Intensità macrosismica espressa in scala MCS. Alcuni effetti non sono esprimibili con la scala
	Ax	Area epicentrale, area geografica in cui sono stati riscontrati gli effetti maggiori del terremoto
	Np	Numero di punti, numero di osservazioni macrosismiche disponibili per il terremoto
	Io	Intensità macrosismica epicentrale, da CPT11, espressa in scala MCS, Mercalli-Cancani-Sieberg
	Mw	Magnitudo momento da CPT11

2.2. Sismicità recente dell'area di studio

Per quanto riguarda i dati relativi alla sismicità recente è stata inoltre effettuata una ricerca mirata nella lista degli eventi presente nel sito del Centro Nazionale Terremoti (che a partire dal 1° Marzo 2017 ha sostituito il database ISIDe).

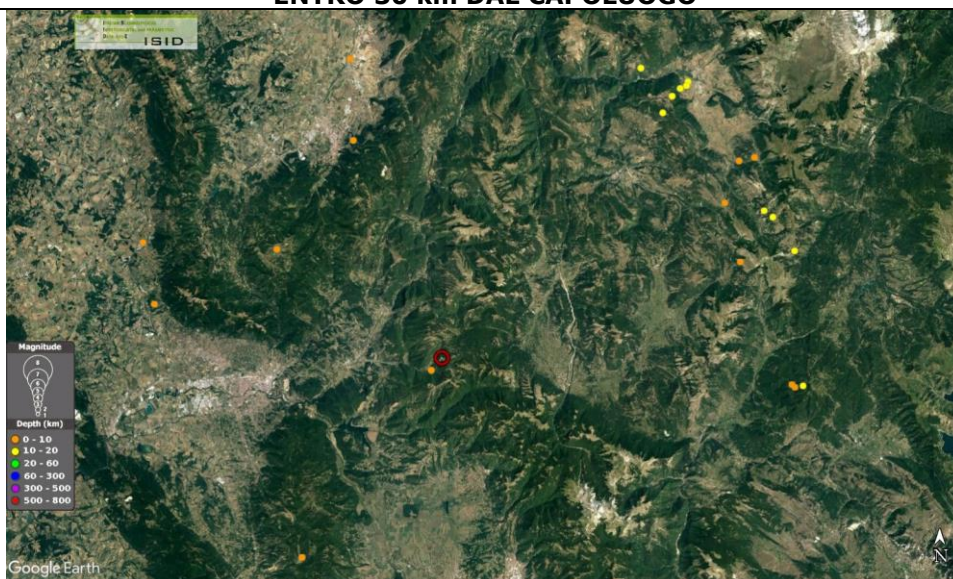
Sono state eseguite due diverse ricerche (entrambe a partire dal periodo successivo all'ultimo evento che compare nella lista CPTI15: Valnerina del 15/12/2005), cioè dal 1/1/2006 al fine di focalizzare l'attenzione sugli eventi sismici che possono aver avuto risentimenti sulle aree in oggetto del territorio di Polino: il primo gruppo individuato include i terremoti di magnitudo inferiore, compresa tra 3.5 e 3.9, ma con epicentro entro 30 km dal capoluogo comunale, il secondo gruppo invece terremoti con magnitudo superiore a 4 avvenuti entro 50 km da Polino.

Si riporta di seguito la lista degli eventi e l'ubicazione degli ipocentri in Google Earth, dati scaricati dal database dell'INGV.

LISTA TERREMOTI CON 3.5<M<3.9 AVVENUTI ENTRO 30 km DAL CAPOLUOGO

#EventID	Time	Latitude	Longitude	Depth/Km	Author	Catalog	Contributor	ContributorID	MagType	Magnitude	MagAuthor	EventLocationName
1636129	2006-01-05T17:30:39.210000	42.744	12.756	4.8	BULLETIN-SISPICK				ML	3.6	--	2 km NE Spoleto (PG)
1662639	2006-05-16T21:02:51.810000	42.624	12.56	6.3	BULLETIN-SISPICK				Mw	3.5	--	2 km NE San Gemini (TR)
1777979	2007-10-21T03:55:36.430000	42.401	12.963	8.0	BULLETIN-SISPICK				Mw	3.8	--	2 km NE Cittaducale (RI)
1968169	2009-04-22T12:32:25.310000	42.576	12.833	8.9	BULLETIN-SISPICK				ML	3.6	--	1 km SW Polino (TR)
2044219	2009-06-25T21:00:08.310000	42.564	13.199	10.5	BULLETIN-SISPICK				Mw	3.5	--	6 km NW Monteverde (AQ)
2045169	2009-06-26T07:14:30.190000	42.563	13.191	9.8	BULLETIN-SISPICK				ML	3.5	--	6 km NW Monteverde (AQ)
2050489	2009-06-30T00:38:10.460000	42.565	13.188	8.5	BULLETIN-SISPICK				ML	3.5	--	6 km SE Cittareale (RI)
2401199	2011-07-13T09:55:12.310000	42.439	12.706	6.9	BULLETIN-SISPICK				Mw	3.7	--	4 km NE Cottanello (RI)
3081331	2014-02-13T04:38:16.100000	42.698	13.1225	8.2	BULLETIN-INGV				ML	3.5	--	9 km E Cascia (PG)
3726521	2014-06-14T08:52:09.070000	42.669	12.5485	7.2	BULLETIN-INGV				Mw	3.5	--	3 km S Acquasparta (TR)
7241751	2016-08-26T16:05:29.190000	42.6922	13.1613	10.8	BULLETIN-INGV				Mw	3.5	--	7 km W Accumoli (RI)
8868141	2016-10-30T07:59:17.150000	42.7867	13.0865	10.3	BULLETIN-INGV				ML	3.5	--	1 km SW Norcia (PG)
8869281	2016-10-30T08:22:52.120000	42.7287	13.1367	9.7	BULLETIN-INGV				ML	3.7	--	8 km SE Norcia (PG)
8869381	2016-10-30T08:24:35.180000	42.7762	13.0708	10.5	BULLETIN-INGV				ML	3.5	--	3 km SW Norcia (PG)
8878021	2016-10-30T10:50:37.360000	42.7838	13.085	10.6	BULLETIN-INGV				ML	3.9	--	1 km SW Norcia (PG)
8885641	2016-10-30T13:02:31.740000	42.7312	13.152	9.8	BULLETIN-INGV				ML	3.5	--	8 km SE Norcia (PG)
8886261	2016-10-30T13:14:16.850000	42.764	13.0615	10.8	BULLETIN-INGV				ML	3.5	--	4 km SW Norcia (PG)
8889671	2016-10-30T14:14:39.060000	42.7818	13.0788	10.5	BULLETIN-INGV				ML	3.9	--	2 km SW Norcia (PG)
9071801	2016-11-01T19:03:20.530000	42.7968	13.04	10.1	BULLETIN-INGV				ML	3.8	--	4 km W Norcia (PG)
9204661	2016-11-03T13:10:45.660000	42.6875	13.1698	12.9	BULLETIN-INGV				ML	3.7	--	7 km W Accumoli (RI)
9558691	2016-11-09T06:13:10.710000	42.6628	13.1912	11.2	BULLETIN-INGV				ML	3.7	--	6 km NE Cittareale (RI)
12269701	2017-01-02T03:36:13.530000	42.8037	12.7528	7.5	BULLETIN-INGV				Mw	3.9	--	3 km SW Campello sul Clitunno (PG)
13436511	2017-02-09T09:58:27.010000	42.6643	12.6807	8.1	BULLETIN-INGV				Mw	3.7	--	9 km SW Spoleto (PG)
17543261	2017-11-02T18:04:14.800000	42.6548	13.1377	8.6	BULLETIN-INGV				Mw	3.5	--	4 km NW Cittareale (RI)

MAPPA EPICENTRO TERREMOTI CON 3.5<M<3.9 AVVENUTI ENTRO 30 km DAL CAPOLUOGO



LISTA TERREMOTI CON M>4 AVVENUTI ENTRO 50 km DAL CAPOLUOGO

#EventID	Time	Latitude	Longitude	Depth/Km	Author	Catalog	Contributor	ContributorID	MagType	Magnitude	MagAuthor	EventLocationName
1895409	2009-04-06T01:36:29.190000	42.352	13.346	9.7	BULLETIN-SISPICK				ML	4.7	--	4 km W L'Aquila (AQ)
1895419	2009-04-06T01:40:50.650000	42.417	13.402	11.0	BULLETIN-SISPICK				ML	4.1	--	7 km N L'Aquila (AQ)
1895429	2009-04-06T01:41:32.690000	42.377	13.319	8.5	BULLETIN-SISPICK				ML	4.0	--	5 km E Scoppito (AQ)
1895879	2009-04-06T02:37:04.250000	42.36	13.328	8.7	BULLETIN-SISPICK				Mw	4.9	--	6 km W L'Aquila (AQ)
1901099	2009-04-06T16:38:09.730000	42.363	13.339	10.0	BULLETIN-SISPICK				Mw	4.3	--	5 km W L'Aquila (AQ)
1903809	2009-04-06T23:15:36.760000	42.463	13.385	9.7	BULLETIN-SISPICK				Mw	5.0	--	8 km E Pizzoli (AQ)
1909629	2009-04-07T21:34:29.770000	42.364	13.365	9.6	BULLETIN-SISPICK				Mw	4.3	--	3 km W L'Aquila (AQ)
1916789	2009-04-09T00:52:59.690000	42.489	13.351	11.0	BULLETIN-SISPICK				Mw	5.2	--	5 km SE Capitignano (AQ)
1921649	2009-04-09T19:38:16.960000	42.504	13.35	9.3	BULLETIN-SISPICK				Mw	5.0	--	4 km E Capitignano (AQ)
1940059	2009-04-13T21:14:24.470000	42.498	13.377	9.0	BULLETIN-SISPICK				Mw	4.8	--	7 km E Capitignano (AQ)
2040909	2009-06-22T20:58:40.270000	42.445	13.354	13.8	BULLETIN-SISPICK				Mw	4.4	--	5 km E Pizzoli (AQ)
2244869	2010-08-28T07:08:03.250000	42.834	12.654	6.7	BULLETIN-SISPICK				Mw	4.1	--	2 km NW Castel Ritaldi (RI)
7073641	2016-08-24T01:36:32.000000	42.6983	13.2335	8.1	BULLETIN-INGV				Mw	6.0	--	1 km W Accumoli (RI)
7073711	2016-08-24T01:37:26.580000	42.7123	13.2533	9.0	BULLETIN-INGV				ML	4.5	--	2 km N Accumoli (RI)
7074171	2016-08-24T01:56:00.580000	42.6008	13.2763	7.7	BULLETIN-INGV				Mw	4.3	--	3 km SW Amatrice (RI)
7076161	2016-08-24T02:33:28.890000	42.7922	13.1507	8.0	BULLETIN-INGV				Mw	5.3	--	5 km E Norcia (PG)
7079501	2016-08-24T03:40:10.930000	42.6143	13.2437	10.7	BULLETIN-INGV				Mw	4.1	--	4 km W Amatrice (RI)
7081331	2016-08-24T04:06:50.980000	42.771	13.1238	6.2	BULLETIN-INGV				Mw	4.4	--	3 km SE Norcia (PG)
7105011	2016-08-24T11:50:30.560000	42.8197	13.1602	9.8	BULLETIN-INGV				Mw	4.5	--	6 km E Norcia (PG)
7122651	2016-08-24T17:46:09.500000	42.6587	13.2147	10.3	BULLETIN-INGV				Mw	4.2	--	5 km SW Accumoli (RI)
7141891	2016-08-24T23:22:05.830000	42.6535	13.2098	11.8	BULLETIN-INGV				Mw	4.0	--	6 km NE Cittareale (RI)
7154631	2016-08-25T03:17:16.700000	42.7452	13.1927	9.0	BULLETIN-INGV				Mw	4.3	--	7 km NW Accumoli (RI)
7182461	2016-08-25T12:36:05.210000	42.6003	13.2823	7.5	BULLETIN-INGV				Mw	4.4	--	3 km S Amatrice (RI)
7224451	2016-08-26T04:28:25.910000	42.6048	13.2915	8.7	BULLETIN-INGV				Mw	4.8	--	3 km S Amatrice (RI)
7265151	2016-08-27T02:50:59.310000	42.8428	13.2377	7.8	BULLETIN-INGV				Mw	4.0	--	8 km W Montegalio (AP)
7343701	2016-08-28T15:55:35.390000	42.8232	13.2323	8.7	BULLETIN-INGV				Mw	4.2	--	8 km NW Arquata del Tronto (AP)
7606481	2016-09-03T01:34:12.150000	42.7698	13.1323	8.9	BULLETIN-INGV				Mw	4.2	--	4 km SE Norcia (PG)
7624821	2016-09-03T10:18:51.210000	42.8607	13.2173	8.3	BULLETIN-INGV				Mw	4.3	--	6 km SE Castelsantangelo sul Nera (MC)
8538851	2016-10-16T09:32:35.480000	42.7477	13.1757	9.2	BULLETIN-INGV				Mw	4.0	--	8 km NW Accumoli (RI)
8663031	2016-10-26T17:10:36.340000	42.8802	13.1275	8.7	BULLETIN-INGV				Mw	5.4	--	3 km SW Castelsantangelo sul Nera (MC)
8669281	2016-10-26T19:16:57.080000	42.8792	13.1567	8.4	SURVEY-INGV				ML	4.3	--	2 km S Castelsantangelo sul Nera (MC)
8669321	2016-10-26T19:18:05.850000	42.9087	13.1288	7.5	BULLETIN-INGV				Mw	5.9	--	3 km NW Castelsantangelo sul Nera (MC)

8676191	2016-10-26T21:42:01.940000	42.8625	13.1205	9.9	BULLETIN-INGV		Mw	4.5	--	5 km SW Castelsantangelo sul Nera (MC)
8692821	2016-10-27T03:19:27.130000	42.8427	13.1427	9.2	BULLETIN-INGV		Mw	4.0	--	6 km S Castelsantangelo sul Nera (MC)
8694191	2016-10-27T03:50:24.080000	42.9842	13.1203	8.7	BULLETIN-INGV		Mw	4.1	--	5 km NW Ussita (MC)
8706291	2016-10-27T08:21:45.600000	42.873	13.0965	9.4	BULLETIN-INGV		Mw	4.3	--	5 km E Preci (PG)
8728691	2016-10-27T17:22:22.920000	42.8388	13.0992	9.0	BULLETIN-INGV		Mw	4.2	--	5 km N Norcia (PG)
8831921	2016-10-29T16:24:33.170000	42.8113	13.0947	10.9	BULLETIN-INGV		Mw	4.1	--	2 km N Norcia (PG)
8863681	2016-10-30T06:40:17.360000	42.8322	13.1107	9.2	BULLETIN-INGV		Mw	6.5	--	5 km NE Norcia (PG)
8863791	2016-10-30T06:41:17.010000	42.772	13.1358	9.3	BULLETIN-INGV		ML	4.3	--	4 km SE Norcia (PG)
8863851	2016-10-30T06:43:08.810000	42.7668	13.1383	9.7	BULLETIN-INGV		ML	4.0	--	5 km SE Norcia (PG)
8863891	2016-10-30T06:44:30.670000	42.8548	13.0853	8.3	BULLETIN-INGV		ML	4.4	--	5 km SE Preci (PG)
8864271	2016-10-30T06:55:54.210000	42.7508	13.2307	10.9	BULLETIN-INGV		ML	4.1	--	6 km W Arquata del Tronto (AP)
8864261	2016-10-30T06:56:05.780000	42.7993	13.1077	10.5	BULLETIN-INGV		ML	4.2	--	1 km NE Norcia (PG)
8864691	2016-10-30T07:01:32.690000	42.7768	13.2228	9.4	BULLETIN-INGV		ML	4.0	--	6 km W Arquata del Tronto (AP)
8864881	2016-10-30T07:05:56.340000	42.7963	13.1607	9.1	BULLETIN-INGV		ML	4.1	--	5 km E Norcia (PG)
8864921	2016-10-30T07:06:45.200000	42.8743	13.0568	9.9	BULLETIN-INGV		ML	4.1	--	2 km E Preci (PG)
8864991	2016-10-30T07:07:53.690000	42.715	13.1882	10.2	BULLETIN-INGV		ML	4.1	--	5 km W Accumoli (RI)
8865061	2016-10-30T07:08:35.450000	42.7127	13.142	9.9	BULLETIN-INGV		ML	4.2	--	9 km W Accumoli (RI)
8865281	2016-10-30T07:13:05.210000	42.6933	13.2255	10.6	BULLETIN-INGV		ML	4.2	--	2 km W Accumoli (RI)
8866521	2016-10-30T07:34:47.900000	42.9273	13.1328	9.5	BULLETIN-INGV		ML	4.0	--	2 km S Ussita (MC)
8866681	2016-10-30T07:38:59.030000	42.6822	13.1567	10.7	BULLETIN-INGV		ML	4.0	--	7 km N Cittareale (RI)
8870011	2016-10-30T08:35:58.560000	42.8367	13.0788	10.3	BULLETIN-INGV		Mw	4.3	--	5 km N Norcia (PG)
8881771	2016-10-30T11:58:17.460000	42.8448	13.0565	9.8	BULLETIN-INGV		Mw	4.0	--	4 km SE Preci (PG)
8882341	2016-10-30T12:07:00.210000	42.8418	13.0757	9.7	BULLETIN-INGV		Mw	4.5	--	5 km SE Preci (PG)
8887571	2016-10-30T13:34:54.400000	42.8063	13.1658	9.6	BULLETIN-INGV		Mw	4.1	--	6 km E Norcia (PG)
8904671	2016-10-30T18:21:09.000000	42.7823	13.1503	8.5	BULLETIN-INGV		Mw	4.0	--	5 km E Norcia (PG)
8936321	2016-10-31T03:27:40.300000	42.7612	13.0858	10.6	BULLETIN-INGV		Mw	4.0	--	4 km S Norcia (PG)
8949131	2016-10-31T07:05:44.890000	42.8388	13.1263	9.5	BULLETIN-INGV		Mw	4.0	--	6 km NE Norcia (PG)
9068331	2016-11-01T18:03:07.660000	42.8003	13.1567	9.4	BULLETIN-INGV		ML	4.0	--	5 km E Norcia (PG)
9759131	2016-11-12T14:43:33.860000	42.7187	13.2057	9.8	BULLETIN-INGV		Mw	4.1	--	4 km NW Accumoli (RI)
9869761	2016-11-14T01:33:43.970000	42.8587	13.1562	10.9	BULLETIN-INGV		ML	4.1	--	4 km S Castelsantangelo sul Nera (MC)
10763951	2016-11-29T16:14:02.690000	42.5293	13.2803	11.1	BULLETIN-INGV		Mw	4.4	--	2 km W Capitignano (AQ)
11382811	2016-12-11T12:54:52.970000	42.9048	13.1175	8.5	BULLETIN-INGV		ML	4.3	--	3 km W Castelsantangelo sul Nera (MC)
12695491	2017-01-18T09:25:40.390000	42.545	13.2768	10.0	BULLETIN-INGV		Mw	5.1	--	3 km NW Capitignano (AQ)
12697591	2017-01-18T10:14:09.900000	42.531	13.2838	9.6	BULLETIN-INGV		Mw	5.5	--	2 km NW Capitignano (AQ)

12697641|2017-01-18T10:15:33.400000|42.5277|13.2852|8.8|BULLETIN-INGV|||ML|4.7|--|2 km W Capitignano (AQ)

12697681|2017-01-18T10:16:39.600000|42.5375|13.2677|8.2|BULLETIN-INGV|||ML|4.6|--|2 km NE Montereale (AQ)

12697991|2017-01-18T10:24:14.200000|42.5808|13.311|8.7|BULLETIN-INGV|||ML|4.0|--|5 km W Campotosto (AQ)

12698071|2017-01-18T10:25:23.730000|42.5033|13.277|9.4|BULLETIN-INGV|||Mw|5.4|--|3 km SW Capitignano (AQ)

12698591|2017-01-18T10:39:24.700000|42.5332|13.271|10.3|BULLETIN-INGV|||ML|4.1|--|2 km E Montereale (AQ)

12700101|2017-01-18T11:07:37.170000|42.6197|13.2557|10.7|BULLETIN-INGV|||Mw|4.1|--|3 km W Amatrice (RI)

12707401|2017-01-18T13:33:36.740000|42.4733|13.2747|9.5|BULLETIN-INGV|||Mw|5.0|--|2 km N Barete (AQ)

12712641|2017-01-18T15:16:10.420000|42.5998|13.2878|9.0|BULLETIN-INGV|||Mw|4.3|--|3 km S Amatrice (RI)

12723601|2017-01-18T19:32:31.890000|42.5808|13.2327|10.9|BULLETIN-INGV|||Mw|4.2|--|6 km N Montereale (AQ)

13274891|2017-02-03T03:47:55.870000|42.9932|13.0203|7.1|BULLETIN-INGV|||Mw|4.0|--|1 km E Monte Cavallo (MC)

13276121|2017-02-03T04:10:05.320000|42.992|13.0173|7.1|BULLETIN-INGV|||Mw|4.2|--|1 km E Monte Cavallo (MC)

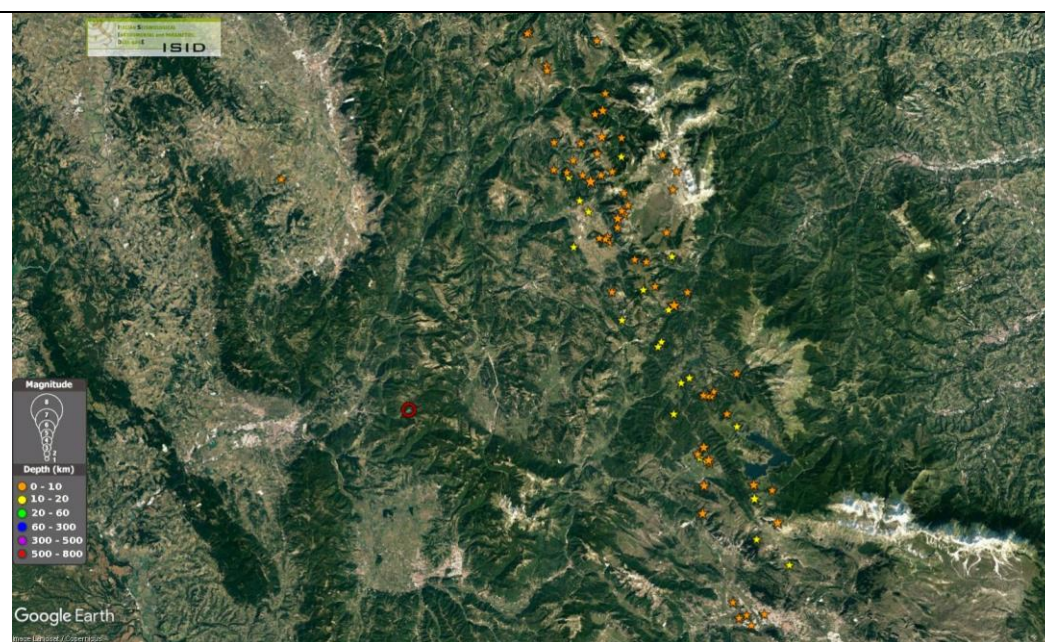
15023141|2017-04-27T21:16:58.780000|42.9572|13.0458|7.9|BULLETIN-INGV|||Mw|4.0|--|5 km NW Visso (MC)

15023211|2017-04-27T21:19:42.650000|42.952|13.0467|7.9|BULLETIN-INGV|||Mw|4.0|--|4 km NW Visso (MC)

16415301|2017-07-22T02:13:08.050000|42.567|13.3255|13.3|BULLETIN-INGV|||Mw|4.0|--|4 km W Campotosto (AQ)

17769831|2017-12-03T23:34:11.200000|42.6242|13.3252|7.6|BULLETIN-INGV|||Mw|4.0|--|3 km E Amatrice (RI)

MAPPA EPICENTRO TERREMOTI CON M>4 AVVENUTI ENTRO 50 km DAL CAPOLUOGO



2.3. Pericolosità sismica di base

Per quanto riguarda la classificazione sismica il territorio del Comune di Polino è così caratterizzato:

- grado di sismicità $S=9$, in base ai Decreti fino al 1984;
- zona 1, in base all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/2003;
- zona 1 dal 02 Novembre 2012, in base al D.G.R. n. 1111/2012.

La "pericolosità sismica di base" è definita in termini probabilistici con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza (PVR) nella vita di riferimento (VR) della costruzione; essa è rappresentata da:

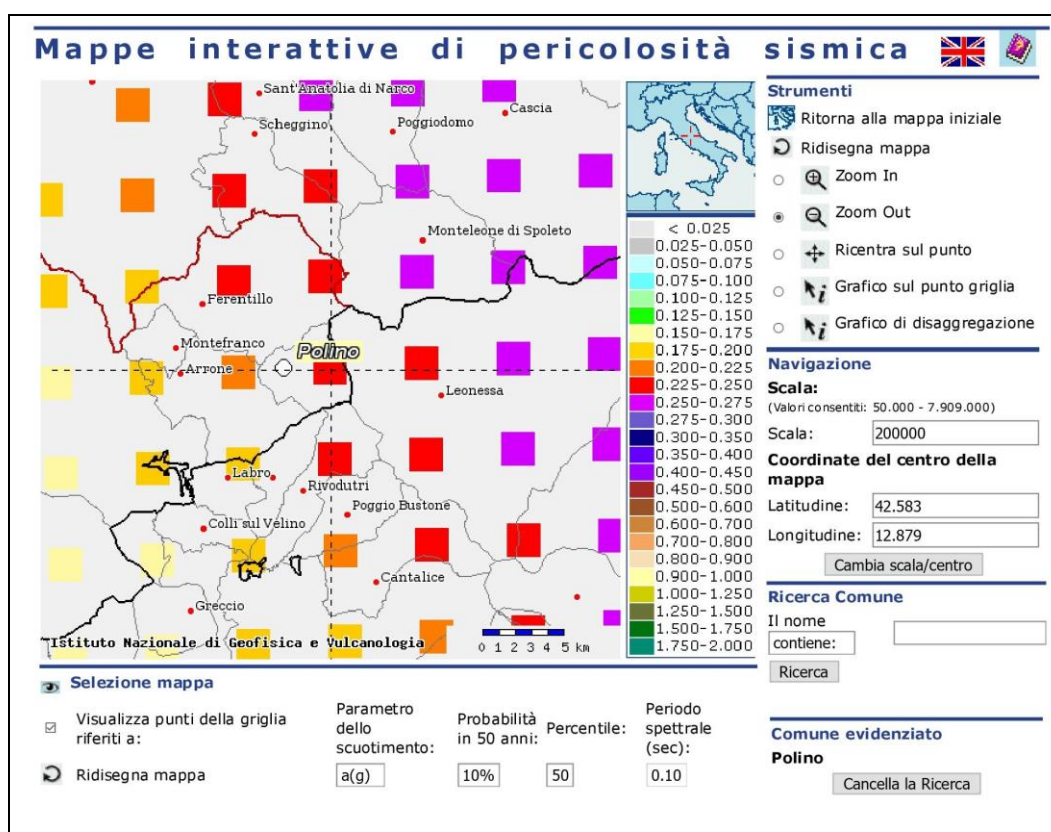
- accelerazione orizzontale di picco attesa, a_g , in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (suolo di categoria A) con superficie topografica orizzontale;
- spettro di risposta elastico isoprobabile in accelerazione (componente orizzontale) in condizioni di campo libero su sito rigido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

In Italia la "*pericolosità sismica di base*" è stata definita su tutto il territorio nazionale dall'INGV attraverso un *reticolo di riferimento* con maglia avente passo < 10 km per periodi di ritorno ricadenti in un intervallo di riferimento compreso tra 30 e 2475 anni estremi inclusi.

Il calcolo è stato svolto utilizzando il classico metodo probabilistico di Cornell (1968) con un approccio ad "albero logico" a 16 rami assumendo:

- distribuzione di Poisson per descrivere processo di accadimento temporale dei terremoti;
- catalogo parametrico dei terremoti italiani CPTI04;
- zonazione sismogenetica ZS9 con sorgenti sismiche a tasso di sismicità uniforme;
- relazioni di attenuazione: Sabetta e Pugliese (1996), Ambraseys et al. (1996) e due leggi regionali.

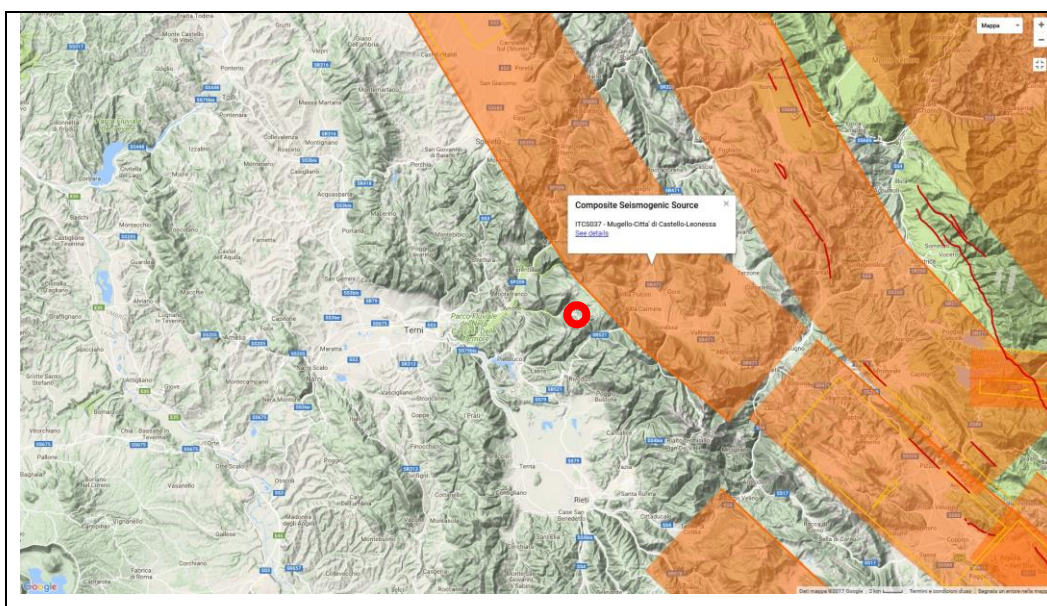
Si riportano di seguito le immagini ottenute on-line sul sito dell'INGV dove è possibile leggere per tutta l'area comunale i valori di agg derivanti dalla griglia nazionale ed infine i risultati della procedura di deaggregazione, riferita indicativamente all'abitato del capoluogo.



All'interno del territorio comunale di Polino non sono attualmente presenti stazioni accelerometriche dell'INGV; si segnala però la più vicina: stazione T1211 MORRO REATINO, lungo la S.S. n.521 (fonte sito <http://itaca.mi.ingv.it>).

Di seguito si fornisce uno stralcio della cartografia estratta dal sito <http://diss.rm.ingv.it/diss> (DISS Working Group (2015). *Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.2.0: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas.* <http://diss.rm.ingv.it/diss/>, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; DOI:10.6092/INGV.IT-DISS3.2.0) in cui sono evidenziate le principale zone sismogenetiche, per terremoti con magnitudo superiore a 5.5, prossime al territorio in oggetto.

In particolare il territorio di Polino ricade a breve distanza dalla zona sismogenetica "ITCS037 Mugello-Città di Castello-Leonessa", con Magnitudo massima associata $M_w=6.2$.



3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

3.1. Inquadramento geologico

Dal punto di vista geologico l'area è situata in quella parte dell'Appennino Centrale costituita da formazioni rocciose silico-carbonatiche, appartenenti alla successione stratigrafica nota in letteratura con il nome di Serie umbro-marchigiana.

Tali formazioni sono costituite da sedimenti emipelagici depositi nel bacino di sedimentazione umbro-sabino, nell'intervallo di tempo che va dal Giurassico inferiore sino al Miocene medio.

Nella parte inferiore della Serie si rinviene la Formazione del Calcare Massiccio, considerato basale e di ambiente neritico, costituito da calcari ceroidi e subcristallini, in giacitura massiva od a banconi.

In continuità con il Calcare Massiccio troviamo la Formazione della Corniola, costituita da calcari nocciola ben stratificati, alla quale succedono i calcari marnosi e le marne rosse o grigie con resti di Ammoniti, appartenenti alla Formazione del Rosso Ammonitico; al di sopra si hanno la formazione delle Marne ad Aptici e quella dei Calcari Selciferi e Detritici.

La successione continua con la Formazione della Maiolica, costituita da calcari bianchi a pasta fine e della Formazione delle Marne a Fucoidi, con alternanze di calcari marnosi e marne; superiormente sono presenti le formazioni della Scaglia Rossa e della Scaglia Cinerea, rappresentate da una successione di calcari, calcari marnosi e marne, con intercalati strati subcristallini e livelli clastici.

In questo settore, l'assetto geologico strutturale è rappresentato da una fascia di terreni ove le rocce sono interessate da una serie di deformazioni tettoniche (pieghe, sovrascorrimenti e faglie) complesse e molto articolate.

In particolare, il settore in oggetto è parte di un'anticlinale a direzione appenninica e vergenza Est, che comprende tutti i termini della serie ed ha come nucleo il Calcare Massiccio; tale piega, che

costituisce l'intera ossatura delle dorsali, dal M.te Aspra a M.te Rosato, lungo il versante Est dei rilievi si accavalla ed in parte si rovescia sui termini più giovani della serie.

Localmente, alla base o lungo i versanti, sono presenti depositi continentali clastici, rappresentati da coltri detritiche di smantellamento dei rilievi, mentre nelle valli si rinvengono depositi alluvionali di origine fluviale.

Sono inoltre presenti materiali derivanti dai processi di degradazione chimico-fisica del substrato, sotto forma di coltri eluvio-colluviali ubicate soprattutto in corrispondenza di aree poco acclivi.

3.2. Assetto geomorfologico

Dal punto di vista morfologico generale, il territorio di Polino appartiene ad un tipico settore montano appenninico, in cui i versanti acclivi sono separati da valli talvolta molto incise; i principali rilievi montuosi sono Monte La Pelosa (1635 metri), Monte Petano (1262 metri) e Monte Torrinara (1308 metri).

L'altezza topografica a cui si colloca l'intero territorio comunale è compresa all'incirca tra i 500 ed i 1600 metri s.l.m. e le quote diminuiscono in generale da Est verso Ovest.

Per quanto riguarda l'area indagata con l'aggiornamento del Livello MS1 questa comprende, da Est verso Ovest: il Fosso La Sargiola, l'abitato di Polino ed infine il versante che scende fino al fondovalle del Fosso di Polino.

Per quanto riguarda gli elementi morfologici più rilevanti presenti all'interno di quest'area si osserva la presenza di numerose perimetrazioni di dissesti gravitativi derivanti da fonte PAI.

Il fenomeno attivo più esteso coinvolge la dorsale a Sud di Polino, con dinamiche di crollo/ribaltamento, e si estende fino all'alveo del Fosso la Sargiola, quest'area è inoltre perimetrata come Area a Rischio elevato R4.

Sono poi presenti numerosi dissesti in stato quiescente, con cinematica di scorrimento; ne sono stati cartografati nove di varie dimensioni sul versante ad Ovest di Polino, alcuni di questi interessano la copertura detritica, altri il substrato; inoltre alcuni sono posizionati nel versante ad Est del Fosso la Sargiola.

Quest'ultimo versante, in particolare le pareti rocciose, sono interessate da un fenomeno di crollo quiescente ed un esteso movimento di scorrimento in stato di attività non definito.

Oltre alle aree in dissesto sono segnalate altre forme di superficie in grado di avere un effetto di amplificazione sismica.

Il principale elemento morfologico è costituito da una linea di cresta piuttosto continua che comprende la parte alta dell'abitato di

Polino e poi prosegue per un tratto sia sul versante occidentale che lungo la dorsale a Sud di Polino.



Vista di parte dell'abitato ripresa da Nord, nella parte centrale; si nota la dorsale individuata come cresta che si prolunga a Sud dell'abitato. Sulla sinistra l'incisione idrografica del Fosso la Sargiola



Vista dal basso della parte meridionale dell'abitato, ripresa da Ovest; alle spalle delle abitazioni la cresta morfologica della foto precedente, mentre sullo sfondo si notano le pareti di calcare massiccio lungo il versante Est del Fosso la Sargiola

Sono stati inoltre presenti alcuni orli di scarpata morfologica sia di altezza compresa tra 10 e 20 metri, ubicati lungo il bordo meridionale dell'agglomerato storico di Polino (due elementi) che con altezza superiore a 20 metri (un elemento) che invece è legato alle pareti rocciose che incombono sull'alveo del Fosso la Sargiola, sul lato Est.

All'interno dell'area di approfondimento di livello 3 ricade un lungo tratto della linea di cresta sopra descritta, e alcune porzioni di aree in dissesto, in particolare quelle che convergono verso il Fosso la Sargiola tra cui anche l'area perimetrata come R4.

3.3. Assetto stratigrafico

Si riportano di seguito le principali formazioni presenti all'interno dell'area di studio, corredate da una descrizione litologica e dall'età.

FORMAZIONI DEL SUBSTRATO PRE-PLIOCENICO

All'interno dell'area indagata sono decisamente prevalenti gli affioramenti di substrato litoide pre-pliocenico, di tipo stratificato e non.

Come già descritto nell'inquadramento generale si tratta dei termini appartenenti alla Successione Umbro-Marchigiana che in questo contesto schiettamente montano con prevalenza di morfologie aspre, sono decisamente dominanti rispetto alla presenza di depositi di copertura (alluvionali o detritici)

Le seguenti formazioni giurassico-cretaciche, comprese tra il Rosso Ammonitico e la Maiolica, affiorano in successione stratigrafica diretta, con giacitura a franapoggio, lungo il versante occidentale dell'area in esame.

MAIOLICA. Calcari micritici bianchi o grigi-chiari a frattura concoide, in strati regolari da sottili a medi (20 - 50 cm), contenenti liste e noduli di selce bruna o nera, intercalati a peliti verdastre, spesse alcuni millimetri. Età: *Titonico p.p. - Aptiano p.p.*

CALCARI DIASPRIGNI. Calcari silicei intercalati a selci cornee di colore rosso, verdognolo o grigio a stratificazione molto sottile (pochi centimetri). Spessore di circa 35 m. Contenuto fossilifero rappresentato prevalentemente da Radiolari. Età: *Bajociano/Calloviano - Titonico inferiore.*

CALCARI E MARNE A POSIDONIA. Calcari nocciola o grigiastri in strati dai 10 ai 30 cm, alternati a marne grigie. Resti filamentosi

riferibili a lamellibranchi a guscio sottile del genere *Bositra* facilmente riconoscibili anche macroscopicamente. Lo spessore non supera i 30 m. Età: *Aaleniano inferiore p.p. – Bajociano/Calloviano*.

ROSSO AMMONITICO. Calcari e calcari marnosi rosa, rosso-mattone o grigio-verdi, sottilmente stratificati, con frequente struttura odulare, alternati ad argilliti o argille marnose rosse più abbondanti nella porzione inferiore. Passaggio netto alla Corniola. Spessore valutato intorno ai 50 m. Età: *Toarciano medio p.p. – Aaleniano inferiore p.p.*.

CORNIOLA. Calcari micritici, grigio-scuri, a frattura concoide, in strati di 10-50 cm, spesso lenticolari, con liste e noduli di selce bruna o rossastra, intercalati a peliti verdastre, spesse alcuni centimetr. Contenuto fossilifero rappresentato da ammoniti, spicole di spugne, radiolari e foraminiferi bentonici. Età: *Lotharingiano – Domeriano*.

La Corniola è in contatto con il Calcare Massiccio sia in modo tettonico, nella parte centrale ed orientale, che stratigrafico, sul lato occidentale. Costituisce la dorsale a Sud di Polino e parte del versante occidentale.



Affioramento di Corniola dietro il campo sportivo



CALCARE MASSICCIO. Calcari massivi o mal stratificati di colore variabile dal bianco, al beige, fino al grigio-scuro ricchi in bioclasti e ooidi. La parte più alta può essere formata da mudstone nerastro a radiolari, spicole di spugna e foraminiferi bentonici. Età: *Hettangiano* – *Sinemuriano p.p.*

Il Calcare Massiccio affiora in corrispondenza della parte Nord dell'abitato di Polino, dove si trova la zona più rilevata; inoltre continua ad affiorare lungo il Fosso la Sargiola e sul versante del fosso opposto al paese, dove forma delle caratteristiche rupi ad assetto subverticale.

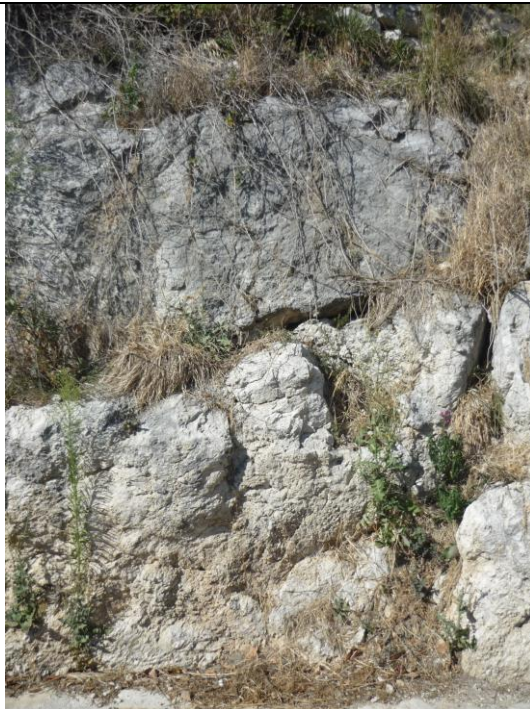
E' in contatto tettonico, tramite faglia diretta, con la Corniola che affiora a Sud e ad Ovest.



Affioramento di Calcare Massiccio



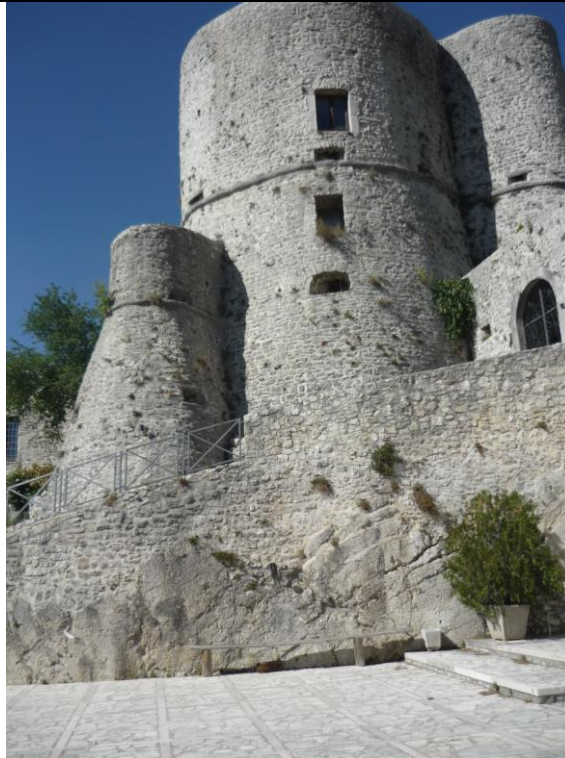
Affioramento di Calcare Massiccio nella parte alta dell'abitato



Affioramento di Calcare Massiccio nella parte bassa dell'abitato



Affioramento di Calcare Massiccio, particolare



**Calcare Massiccio nella
parte alta dell'abitato di
Polino**



**Dettagli dell'affioramento precedente
si nota la fratturazione del materiale**



Tratto del piano di faglia diretta che mette in contatto Calcare Massiccio e Corniola, lato orientale tra il Fosso Sargiola e l'abitato

FORMAZIONI DI COPERTURA

Poiché il territorio indagato ricade interamente in ambito montuoso le formazioni appartenenti alle coperture sono poco estese, frammentate e generalmente di scarso spessore.

Si tratta essenzialmente di depositi attuali e recenti costituiti da detriti e in modo ancor più limitato, alluvioni.

RIPORTO ANTROPICO: materiali di origine antropica di varia natura. Età: *Attuale*.

Sono stati individuati grazie all'indagine eseguita (Sondaggio S1dh), sul versante orientale che dall'abitato di Polino scende verso il fosso, in corrispondenza di un'area a parcheggio.

DEPOSITI ALLUVIONALI. Depositi granulari di tipo alluvionale, presenti con esigui spessori lungo l'alveo del Fosso la Sargiola; prevalentemente costituiti da ghiaie, con ciottoli anche di grandi dimensioni, in scarsa matrice sabbioso-limosa. Età: Pleistocene-Olocene.

DETRITO DI PENDIO. Depositi essenzialmente gravitativi, a granulometria variabile, da ben classati a fortemente eterometrici. I clasti sono prevalentemente a spigoli vivi o subangolosi, per lo più in accumuli massivi o grossolanamente stratificati. Età: *Pleistocene – Olocene*.

Sono presenti Lungo il versante ad Ovest di Polino.

Si riassumono ora quali sono le formazioni affioranti all'interno dell'area in cui è stato eseguito lo Studio di Microzonazione Sismica di Livello 3.

FORMAZIONI PRESENTI NELL'AREA MS3 DI POLINO CAPOLUOGO	
Formazione	Età
MATERIALE DI RIPORTO	Attuale
DEPOSITI ALLUVIONALI	Pleistocene–Olocene
CORNIOLA	Lotharingiano – Domeriano
CALCARE MASSICCIO	Hettangiano – Sinemuriano p.p.

3.4. Elementi tettonici

Nell'area comunale indagata non sono presenti Faglie Attive e Capaci (FAC), come si evince dai Livello 1 e 2 già validati e dalla documentazione bibliografica visionata.

Nell'area di studio sono presenti elementi tettonici di tipo diretto, tra cui il principale è un piano immergente verso Sud, che mette in contatto laterale Calcare Massiccio e Corniola; interessa l'area del capoluogo ed è orientato circa Est-Ovest.

4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

Ai fini della corretta esecuzione delle valutazioni di microzonazione sismica sono stati utilizzati i dati risultanti delle indagini eseguite in sito, sia di tipo geognostico che di tipo geofisico (sismica attiva e passiva), che hanno permesso una puntuale e dettagliata ricostruzione della stratigrafia geologica e sismica delle aree oggetto di studio.

Sono stati inoltre utilizzati per lo studio di microzonazione dati già in possesso ed indagini eseguite contenute in studi di carattere geologico-tecnico, eseguiti da professionisti per conto di privati.

4.1. Dati pregressi

Le indagini pregresse sono costituite da materiale fornito dalla Regione contenuto nello studio di microzonazione di livello 1 e 2 eseguito nel 2004 in corrispondenza del capoluogo.

4.1.2. Indagini geognostiche

Non sono disponibili indagini geognostiche pregresse.

4.1.3. Indagini geofisiche

Nell'ambito dello studio di carattere sismico eseguito nel 2004 da parte dei Geologi Dott. Trastulli e Dott. Falciatori, finalizzato alla definizione quantitativa degli effetti di amplificazione sismica del nucleo abitato di Polino (livello 2), sono stati eseguiti quattro profili di sismica a rifrazione in corrispondenza di edifici ritenuti sensibili sia all'interno del centro storico, che nella zona tra Piazza G. Marconi e Strada comunale di Pozzo del Persico.

4.2. Dati acquisiti ex-novo

Le indagini geognostiche e le indagini geofisiche sono state effettuate a seguito di un programma indagini condiviso con il CentroMS ed approvato in data 25 luglio 2017.

Ai fini della corretta valutazione delle indagini integrative da

realizzare per lo studio di microzonazione sismica di livello 3 sono stati utilizzati i dati risultanti delle indagini pregresse, il quadro geologico e litotecnico emerso dai dati bibliografici e dai livelli 1 o 2, di microzonazione, nonché le indicazioni emerse nella formazione e dall'incontro di Perugia del 19 luglio 2017.

Le indagini integrative di tipo geofisico proposte nel piano indagini sono composte da n.3 stendimenti tipo MASW e Sismica a Rifrazione e n. 5 misure di microtremore tipo HVSr.

L'indagine geognostica è invece consistita in un sondaggio di profondità pari a 35 m, attrezzato per la misura DH, anche a seguito dell'incontro del 19 luglio c.a.; tenuto conto della natura dei litotipi presenti e per motivi logistici si è deciso di ubicarlo a lato dell'abitato storico.



Sondaggio e DH – ubicazione presso il parcheggio a lato strada

L'ubicazione delle indagini è riportata nella Carta delle Indagini; nelle schede di campagna redatte e fornite per ogni singola indagine è stata riportata sia la numerazione progressiva riportata nel piano indagini che quella definitiva come da database e carta indagini.

Oltre alle nuove indagini eseguite, concordate con il CentroMS, sono stati aggiunti una serie di elementi derivanti da lavori di carattere geologico-tecnico, di committenza privata, svolti dallo Scrivente oppure da altro professionista in tempi recenti.

4.2.1. Indagini geognostiche

L'indagine di tipo geognostico prevista nel piano indagini è consistita in una perforazione a carotaggio continuo, realizzata a lato del centro storico di Polino, che è stata spinta sino alla profondità di 30 m dal p.c. ed attrezzata per l'esecuzione di una prova sismica in foro di tipo Down-Hole.

E' stata inoltre eseguita una prova SPT in foro alla profondità di 8 metri.

Oltre al sondaggio concordato con il CentroMS, le indagini geognostiche sono state integrate con ulteriori n. 2 sondaggi a distruzione e n.6 trincee esplorative.

4.2.2. Indagini geofisiche

Le indagini di tipo geofisico previste dal Piano Indagini sono consistite in n.5 indagini di sismica passiva tipo HVSr e n.3 indagini di sismica attiva tipo MASW e rifrazione.

Inoltre è stata inserita l'elaborazione della prova Down-Hole (DH), condotta dal CentroMS all'interno del foro di sondaggio realizzato e condizionato dal sottoscritto.

4.2.3. Cronoprogramma delle indagini

Le indagini geognostiche e le indagini sismiche previste nel Piano Indagini sono state eseguite nella parte centrale del mese di Settembre.

Essendo la tempistica dell'esecuzione delle indagini molto stretta, ed effettuando le stesse in ambito urbano, si ha la presenza di notevoli disturbi sia antropici che naturali, che non possono essere eliminati neanche utilizzando l'intero arco giornaliero delle 24 ore, in quanto alcuni disturbi sono sempre presenti (sottoservizi, illuminazione, centraline di vario tipologie, condizioni meteo, etc.).

Per tentare di ovviare parzialmente a tale inconveniente si è cercato di utilizzare orari maggiormente consoni alla riduzione di alcuni disturbi (presenza umana e veicolare, etc.) in funzione della loro posizione all'interno dell'area urbana, ed inoltre alcune volte le indagini stesse sono state sospese e riprese in altro orario.

Al termine delle indagini in campagna si è proceduto alla elaborazione delle stesse; successivamente, al fine di recepire le indicazioni avute dopo la revisione da parte del CentroMS, è stata effettuata un'ulteriore elaborazione con la ridefinizione delle schede-report.

4.2.4. Variazioni sul programma e cronoprogramma

Per quanto riguarda le ubicazioni si è rispettato, per quanto possibile, quelle indicate nel piano indagini anche se alcune di esse, sia di tipo MASW che HVSR, sono state leggermente spostate (pur ricadendo sempre all'interno della stessa tipologia di area da investigare) a seguito di problematiche logistiche o di sito dovute a problemi di accesso, presenza di pavimentazioni, disturbi eccessivi; anche se spesso non è stato possibile trovare alternative a tali problematiche.


4.2.5. Strumentazione utilizzata per le perforazioni

Per l'effettuazione dei sondaggi è stata utilizzata una Sonda Mori 45, perforazione con sistema WIRE LINE, diametro rivestimento ϕ 90, spessore 4.8 mm.


4.2.6. Strumentazione utilizzata per le indagini sismiche

Le acquisizioni sismiche in sito sono state eseguite con la seguente attrezzatura:

Sismografo digitale MAE A6000s a 24 canali e 24 Bit:	
<p>Dotato di:</p> <ul style="list-style-type: none"> - visualizzazione istantanea delle tracce su display LCD a colori retroilluminato; - registrazione ad incremento di segnale (stacking); - funzione di monitoring dei disturbi; - dispositivi di filtraggio selettivo; - ritardo di acquisizione preselezionabile; - zoom delle tracce video; - computer interno Pentium 133 MHz/16 Mb RAM con software di acquisizione Teknor Industrial Computers inc.; - interfaccia seriale per lo scaricamento dei dati. 	

Geofoni verticali	
<p>Dotati di:</p> <ul style="list-style-type: none"> - frequenza caratteristica di 4,5 Hz, consentono di convertire in segnali elettrici gli spostamenti che si verificano nel terreno; - collegati al sismografo tramite degli appositi cavi multipolari; - tripodi di appoggio per superfici compatte. 	

Accessori
<ul style="list-style-type: none"> - Cavi sismici multipolari 12 prese interasse massimo 5 m; - Sorgente sismica con Massa battente da 8Kg e piastra di energizzazione terreno; - Geofono starter per la funzione time-break;

Sensore 3D da superficie S3S	
<p>- Sensori geofonico della Geospace da 4.5 Hz ad una componente verticale e due componenti orizzontali, con sfasamento delle componenti orizzontali di 90° inserito in un contenitore in alluminio con bolla e piedini di livellamento. Contenitore: alluminio</p> <p>Dimensioni: diametro 140 mm, altezza 80mm m Peso: 2,5Kg</p> <p>Grado di protezione: IP65</p> <p>Codice HS: 90158011</p> <p>Specifiche geofoni -</p> <p>Frequenza naturale: $4,5 \pm 0,75$ Hz</p> <p>Resistenza della bobina a 25 ° C ± 5 %: 380 Ohm Sensibilità tensione a 380 Ohm $\pm 10\%$: 0,81 V / in / sec (0,32 V / cm / sec) Massa $\pm 5\%$: 23.6 g</p>	

La Strumentazione utilizzata per le indagini geofisiche è stata collaudata con esito positivo in data 24/10/2017, per ulteriori informazioni tecniche si rimanda al sito www.mae-srl.it.

4.2.7. Software utilizzati elaborazioni sismiche

Per l'elaborazione dei dati acquisiti, sono stati utilizzati vari software, in particolare:

- Geopsy e Dinver, geosypack-versione0.0.0-snapshot-20170109, scaricato dal sito www.geopsy.org/download.php;
- "Easy MASW" ed "Easy HVSR" della Geostru Software, riferimento www.geostru.eu/it.

Le elaborazioni finali scelte e riportate nelle schede report relative ad ogni singola indagine sono quelle eseguite con i software Geopsy e Dinver.

4.2.8. Modalità di elaborazione dei dati acquisiti MASW

L'elaborazione dei dati acquisiti è stata eseguita utilizzando sia il programma Geopsy/Dinver che il software EasyMASW; è stato scelto di riportare nelle schede report di ogni singola indagine i risultati ottenuti con il programma Geopsy per la elaborazione dello spettro f_k ed il picking della curva di dispersione mentre il processo di inversione è stato eseguito con il programma Dinver.

Per quanto riguarda ogni singola indagine è stata redatta una scheda di campagna, corredata da documentazione fotografica e dati di acquisizione; tali schede sono collocate all'interno delle singole cartelle dell'indagine, poste nel "ftp".

I risultati delle elaborazioni sono stati raccolti in un'altra scheda-report, alla quale si rimanda, ove sono stati riportati i parametri utilizzati per il processing.

Per quanto riguarda il segnale non è stato effettuato alcun processo di preprocessing né trattamento preliminare dei dati.

Per il processing non è stata effettuata alcuna esclusione di canali, si è proceduto alla selezione totale del sismogramma.

Infine, relativamente alla curva di picking, i dati ad essa associati vengono forniti con un file testo multicolonna (txt) caricato insieme alla scheda-report.

Sempre nella scheda-report sono state inserite le immagini riguardanti: la traccia originale, lo spettro f_k con la curva di picking, la curva di dispersione, numero modelli generati, spazio dei parametri soluzione, numero di strati profili Vs (misfit alto e minimo) calcolo della Vs30.

Nella scheda-report, sono state inoltre riportate le considerazioni sulle scelte effettuate per l'elaborazione separate delle misurazioni, sulla reciprocità dei risultati ottenuti (acquisizione diretta ed inversa).

4.2.9. Modalità di elaborazione dei dati acquisiti HVSR

L'elaborazione dei dati acquisiti è stata eseguita utilizzando sia programma Geopsy che il software EasyHVSR della Geostru Software; è stato scelto di riportare nelle schede di ogni singola indagine i risultati ottenuti con l'elaborazione eseguita mediante il programma Geopsy.

Per quanto riguarda ogni singola indagine è stata redatta una scheda di campagna, con documentazione fotografica, dati di acquisizione, condizioni di misurazione, etc. riportata all'interno della cartella dell'indagine posta nell'"ftp".

I risultati elaborati sono stati raccolti in un'altra scheda-report, alla quale si rimanda, ove sono descritti: intervallo di frequenza di elaborazione e passo, numero totale finestre (corrispondente a 72), la configurazione dell'antitriggering sul segnale: STA/LTA, STA=0.01s; LTA=25s; min0.20; max 2.50, a cui è stata aggiunta una selezione manuale delle finestre, il numero di finestre incluse nella elaborazione, la dimensione delle finestre (sempre 25 sec), le condizioni di overlap delle finestre (0%), la tipologia di liscio (Konno&Ohmachi), la percentuale di liscio (40%), il tapering (5%).

Sempre nella scheda-report, sono inserite le immagini: delle tre tracce misurate (ID1-Verticale; ID2-East; ID3-North), della stazionarietà, direzionalità, spettri medi e spettri sommario, del rapporto spettrale H/V e del suo intervallo di fiducia.

Viene inoltre riportata l'eventuale frequenza di picco e l'ampiezza A0 del rapporto H/V; è stata inoltre effettuata l'analisi della qualità dei risultati ottenuti mediante i criteri Sesame e la classificazione della misura H/V, con esito della qualità della misura, indicando sia la classe che il tipo.

4.2.10. Risultati e modalità di presentazione degli stessi

I risultati delle indagini integrative eseguite sono stati riportati nelle schede-report redatte per ogni singola indagine effettuata.

Per le indagini geognostiche è stato redatto un report contenente: caratteristiche della macchina operatrice, data di esecuzione, tipologia di perforazione (diametro, etc.), stratigrafia, condizionamento, eventuali campionamenti, carotiere, etc..

E' inoltre riportata nel report anche la documentazione fotografica eseguita durante le fasi di lavoro e l'ubicazione su ortofoto; per l'ubicazione cartografica si rimanda alla Carta delle indagini redatta.

Per quanto riguarda le indagini geofisiche, è stata compilata una scheda di campagna per ogni indagine eseguita, corredata da documentazione fotografica e geometria di acquisizione.

Per ogni indagine è stata anche fornita una scheda-report per l'elaborazione svolta, contenente i risultati dell'elaborazioni stesse come descritto nei paragrafi precedenti; l'ubicazione delle singole indagini è riportata sempre nella Carta delle indagini.

I valori delle frequenze naturali risultanti dalle misure HVSR, sono stati riportati, con la loro ubicazione, nella carta delle MOPS ed inoltre sono state utilizzate per la realizzazione della carta delle frequenze naturali dei terreni, suddivise per intervalli, sia di frequenza che di ampiezza.

Tutti i dati desunti dalle elaborazioni sono stati utilizzati per la realizzazione della Carta delle MOPS integrando la molteplicità dei dati pregressi, sia provenienti dalla microzonazione precedente che dalla ricerca bibliografica effettuata.

Tali dati sono serviti anche in fase di elaborazione delle indagini per effettuare una "taratura" delle MOPS ed a consentire la definizione delle stesse nei casi l'interpretazione dei risultati delle indagini sia risultata difficile o dubbia.

5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO FINALIZZATO ALLA MS

5.1. Unità geologico-tecniche: definizione e parametrizzazione

Nella seguente tabella è indicata per ciascuna formazione geologica affiorante all'interno dell'area esaminata con il Livello 1, la classe geologico-tecnica di appartenenza e l'ambiente di formazione.

Formazione	Classe Geologico-Tecnica	Ambiente formazione
MATERIALE DI RIPORTO	RI	Terreni contenenti resti di attività antropica
DETRITO DI PENDIO	GP	fd - falda detritica
DEPOSITI ALLUVIONALI	GP	es - ambiente fluviale/argine/barra/canale
MAIOLICA - CALCARI DIASPRIGNI – CALCARI E MARNE A POSIDONIA – ROSSO AMMIONITICO	LPS	
CORNIOLA	LPS	
CALCARE MASSICCIO	LP	

La caratterizzazione del comportamento dei materiali da un punto di vista quantitativo sarà affrontata nei capitoli successivi, dove sarà utilizzata ai fini della modellazione sismica.

Inoltre sarà possibile fornire la parametrizzazione dei terreni indagati lungo specifiche verticali dove sono disponibili dati certi di carattere stratigrafico, geotecnico e geofisico derivanti da sondaggi, prove di laboratorio, prove in situ di tipo penetrometrico, indagini geofisiche, ecc..

Infatti a causa della estrema eterogeneità, sia verticale che laterale, delle formazioni presenti non risulterebbe rappresentativa e affidabile una parametrizzazione generale valida per l'intero territorio comunale.

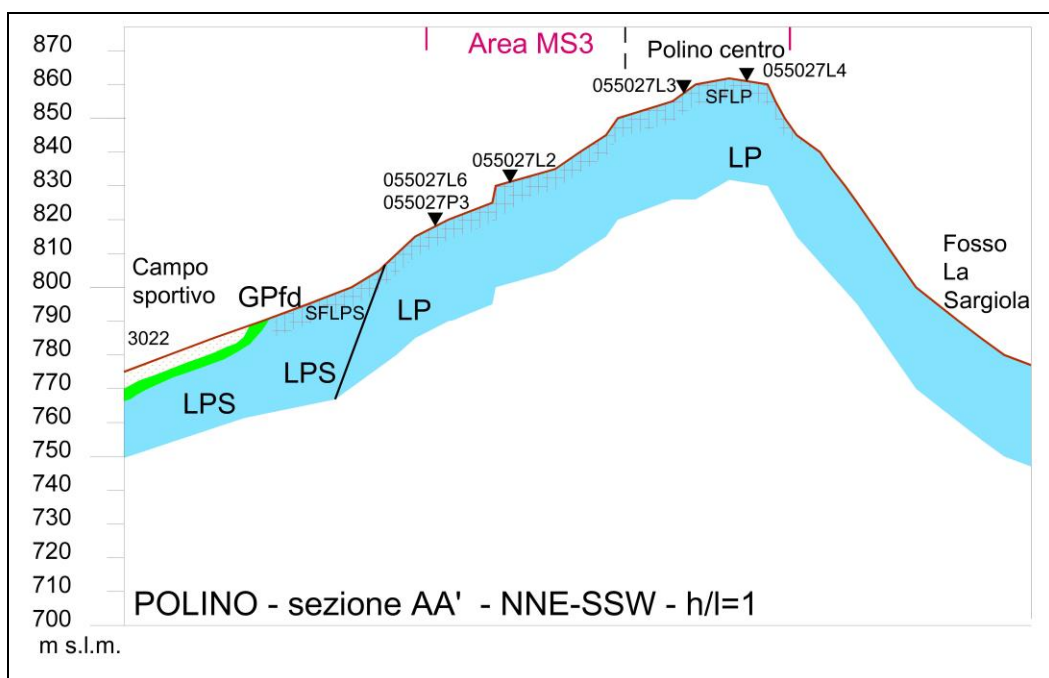
5.2. Sezioni geologico-tecniche

Nell'ambito dell'area indagata sono state eseguite 4 sezioni geologico-tecniche, redatte alla scala 1:5000.

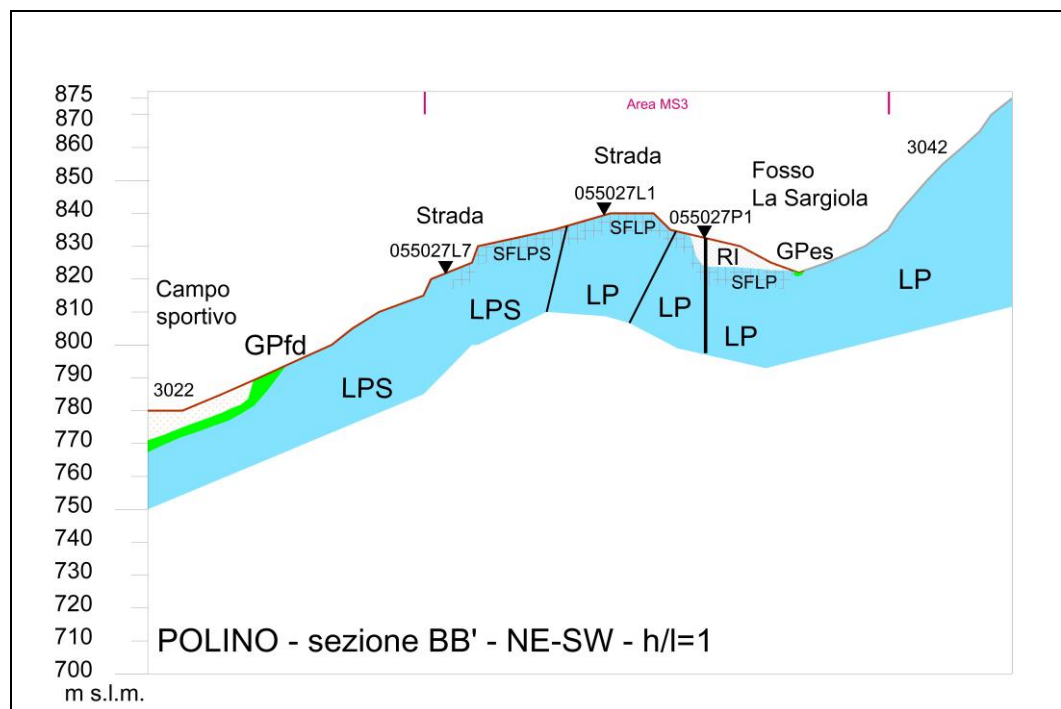
Tutte attraversano l'area di approfondimento di livello 3 di Polino capoluogo, tre in particolare (AA'-BB'-CC') hanno diversi orientamenti delle tracce ma sono tutte convergenti in uno stesso punto sul lato Ovest.

Si riportano all'interno del presente capitolo, a scopo illustrativo, le sezioni geologiche non in scala.

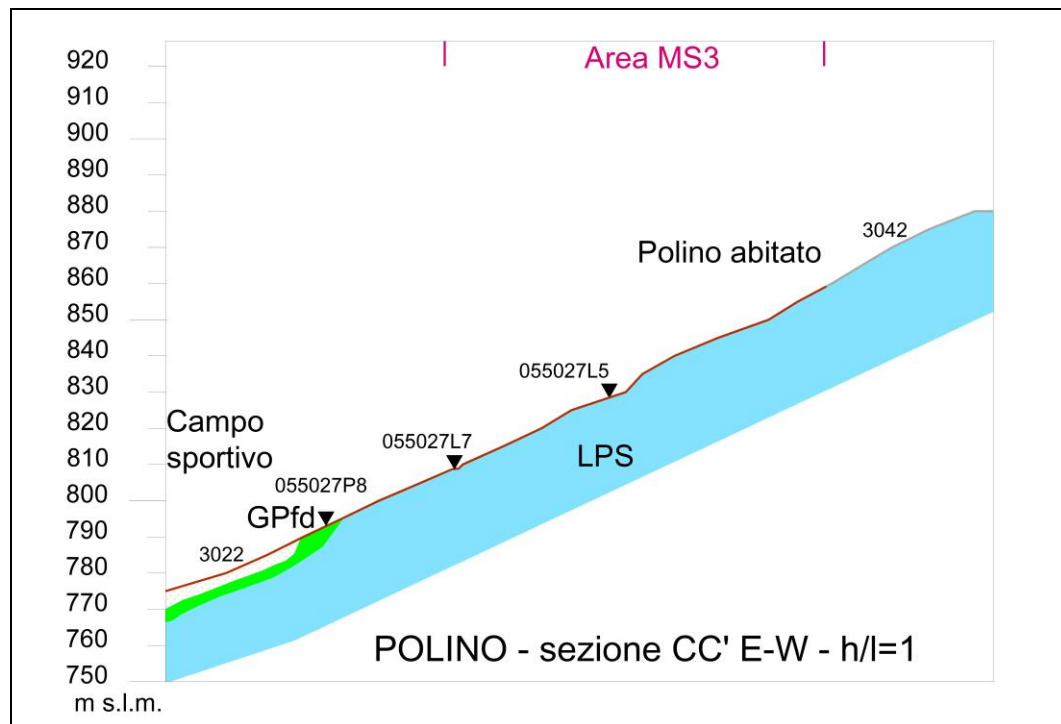
La Sezione AA', parte da Ovest all'interno dell'area detritica in cui è perimetrato un dissesto PAI poi prosegue a NNE verso Polino centro, passando per il campo sportivo e raggiungendo la quota massima raggiunta dall'abitato; si osserva la copertura detritica ed il substrato LPS e LP in contatto tettonico tramite faglie dirette ad alto angolo. Inoltre è evidenziato lo spessore di substrato fratturato/alterato (SFLPS e SFLP) desunto dall'approfondimento di indagini eseguito nella presente fase di studio; la fratturazione è particolarmente intensa ed estesa in corrispondenza degli elementi tettonici.



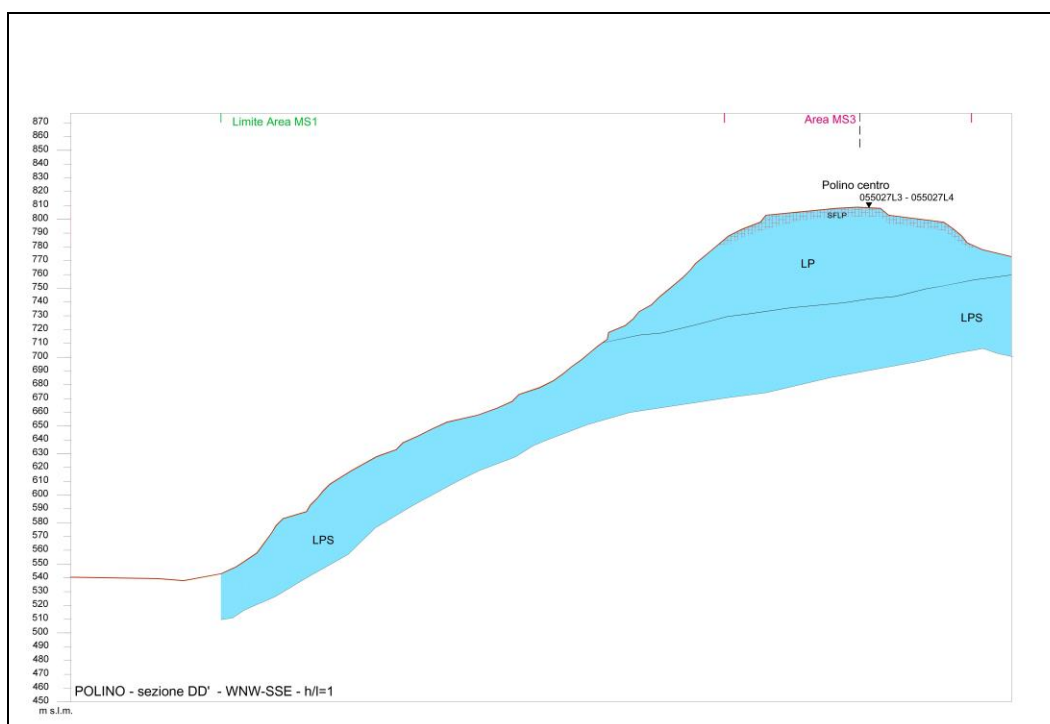
La Sezione BB' è orientata SO-NE e, dopo il deposito detritico iniziale, passa nel punto dove è stato eseguito il sondaggio, infatti nella sezione è presente il materiale di riporto; nella zona dell'abitato e della strada sono di nuovo intersecati gli elementi tettonici distensivi (contatto tra LP e LPS) dove la roccia è fratturata/alterata; infine la sezione attraversa l'alveo del Fosso Sargiola e risale sul versante opposto al di fuori dell'area di livello 3.



La Sezione CC' inizia come le due precedenti ma si dirige verso SE attraversando la parte meridionale dell'abitato, dove affiora substrato di tipo LPS non fratturato; nella parte alta del versante è presente il dissesto perimetrato come area R4 nel PAI.



Infine la Sezione DD' è la più estesa perché inizia nel fondovalle del Fosso di Polino e interessa l'intero versante fino al rilievo sulla cui cima sorge il centro storico dell'abitato di Polino, con orientamento circa E-O. E' presente substrato geologico affiorante per l'intera lunghezza della sezione, LP nella parte inferiore ed LPS in quella che comprende la sommità; all'interno dell'area di livello 3 è stato caratterizzato come substrato fratturato/alterato (SFLP).



L'analisi del sottosuolo, con una più dettagliata descrizione degli spessori delle unità litotecniche e dei vari profili stratigrafici riscontrati nell'ambito dello studio, è stata analizzata in sede di elaborazione della Carta delle MOPS – Microzone Omogenee in prospettiva Sismica, che saranno descritte dettagliatamente nell'apposito paragrafo (§ 8.4).

6. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE

Per quanto riguarda la redazione della CGT, questa è stata realizzata partendo dalla base della CGT del Livello 1 desunta dalla cartografia geologica ufficiale; è pertanto si hanno i limiti di quello che può essere la redazione di una Microzonazione sismica ottenuta da una cartografia di bibliografia.

Nelle aree di Microzonazione di 3 livello sono stati effettuati degli approfondimenti, verifiche e controlli direttamente in campagna, anche se rimane l'incertezza dei limiti e degli spessori presenti in alcune aree, in particolar modo a causa dell'elevata urbanizzazione delle aree, il periodo di rilevamento che coincide con la massima rigogliosità della vegetazione che impedisce l'osservazione dei pochi affioranti presenti, nonché dei ristretti tempi per l'acquisizione dei dati stessi.

Essendo parte delle indagini redatte dai sottoscritti e altre ottenuta da bibliografia, non si è sempre certi della corretta ubicazione delle prove ottenute da cartografie redatte a scale non di dettaglio, in tali casi l'ubicazione della prova è stata posizionata al centro della palla o del simbolo o della traccia che la rappresentava.

Per quanto riguarda le incertezze relative ai vari dati (modello di sottosuolo, parametrizzazione, etc.) si rimanda a quanto riportato nei singoli paragrafi che trattano l'argomento specifico.

7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

La modellazione sismica permette di definire la modificazione in ampiezza, frequenza e durata dello scuotimento sismico dovuta alle specifiche condizioni lito-stratigrafiche e morfologiche di un sito.

Essa si può quantificare mediante il rapporto tra il moto sismico alla superficie del sito (outcrop) e quello che si osserverebbe, per lo stesso evento sismico, su un ipotetico affioramento di roccia rigida con morfologia orizzontale (bedrock).

Per ottenere risultati significativi dall'analisi numerica è necessario realizzare una ricostruzione geometrica del sottosuolo, effettuata sulla base delle conoscenze geologiche dell'area e da specifiche indagini, quali rilevamento di superficie, indagini geognostiche dirette (sondaggi stratigrafici) o indirette (sismiche).

Tali conoscenze permettono di definire la geometria del sottosuolo, da cui è possibile individuare il modello geometrico mono, bi o tridimensionale da usare nelle analisi, e la profondità del substrato roccioso a cui applicare il moto di input.

Successivamente va definito il moto di input, che rappresenta il segnale sismico al bedrock, la cui ampiezza e il cui contenuto in frequenza dipendono dalle caratteristiche del meccanismo della sorgente sismica, dalla magnitudo e dal percorso sorgente-sito compiuta dalle onde sismiche.

La definizione dei parametri geotecnici (proprietà fisico-meccaniche dei materiali presenti nell'area di studio) sono state ottenute attraverso prove in sito e prove di laboratorio per le quali si rimanda.

Per eseguire modellazioni numeriche la scelta del programma di calcolo è di fondamentale importanza e deve essere commisurata al grado di dettaglio acquisito in merito ai cosiddetti parametri di input dell'analisi (geometria e stratificazione del sottosuolo, proprietà dei materiali e moto sismico).

Al termine del procedimento possono aversi due tipologie di risultati:

- una funzione che rappresenti istante per istante il moto

- sismico al suolo, come lo spettro di risposta di accelerazione, in funzione di un dato valore dello smorzamento strutturale;
- una grandezza scalare che quantifichi l'effetto di amplificazione locale presente al sito, inteso come il rapporto tra lo spettro di risposta in accelerazione al suolo ed il corrispondente spettro del segnale di input, calcolata per predeterminati intervalli di periodo di vibrazione (fattore di amplificazione).

7.1. Zone stabili suscettibili di amplificazione

Tenuto conto di quanto previsto nell'incarico per quanto riguarda le modellazioni delle aree instabili, all'interno dello studio sono comprese sia le analisi monodimensionali effettuate dallo scrivente.

7.1.1. Scelta dell'input sismico (fornito dal CentroMS)

Le analisi dinamiche finalizzate alla modellazione sismica consentono l'utilizzo di registrazioni di eventi naturali a condizione che la loro scelta sia rappresentativa della sismicità del sito e sia adeguatamente giustificata in base a:

- caratteristiche sismogenetiche della sorgente;
- condizioni del sito di registrazione;
- valore della magnitudo;
- distanza dalla sorgente;
- massima accelerazione orizzontale attesa al sito.

Gli accelerogrammi naturali, inoltre, devono essere selezionati e scalati in modo da approssimare gli spettri di risposta nel campo di periodi di interesse per il problema in esame.

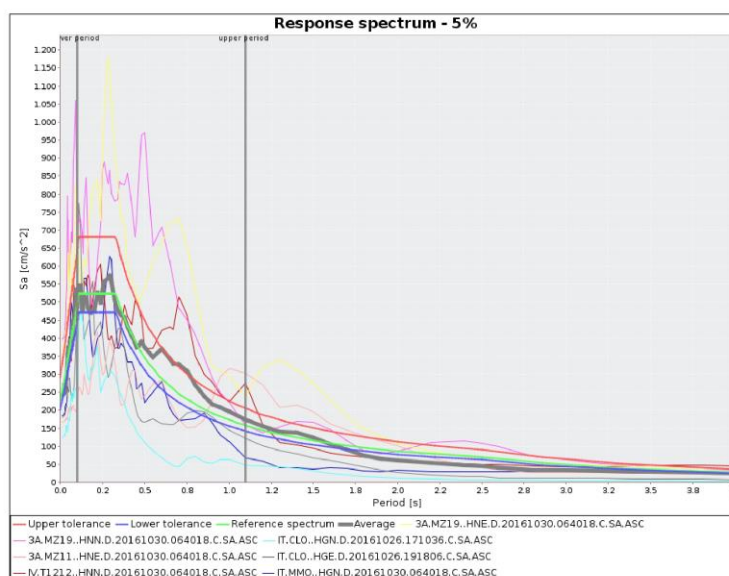
La ricerca degli accelerogrammi di input non è stata eseguita in quanto gli accelerogrammi naturali/spettri di risposta, utilizzati come input, sono stati forniti dal CentroMS, scalati per tempo di ritorno 475 anni.

Tabella codice input

NOME INPUT
3A.MZ11..HNE.D.20161030.064018.C.ACC.ASC
3A.MZ19..HNE.D.20161030.064018.C.ACC.ASC
3A.MZ19..HNN.D.20161030.064018.C.ACC.ASC
IT.CLO..HGE.D.20161026.191806.C.ACC.ASC
IT.CLO..HGN.D.20161026.171036.C.ACC.ASC
IT.MMO..HGN.D.20161030.064018.C.ACC.ASC
IV.T1212..HNN.D.20161030.064018.C.ACC.ASC

UMBRIA - POLINO (475yrs)

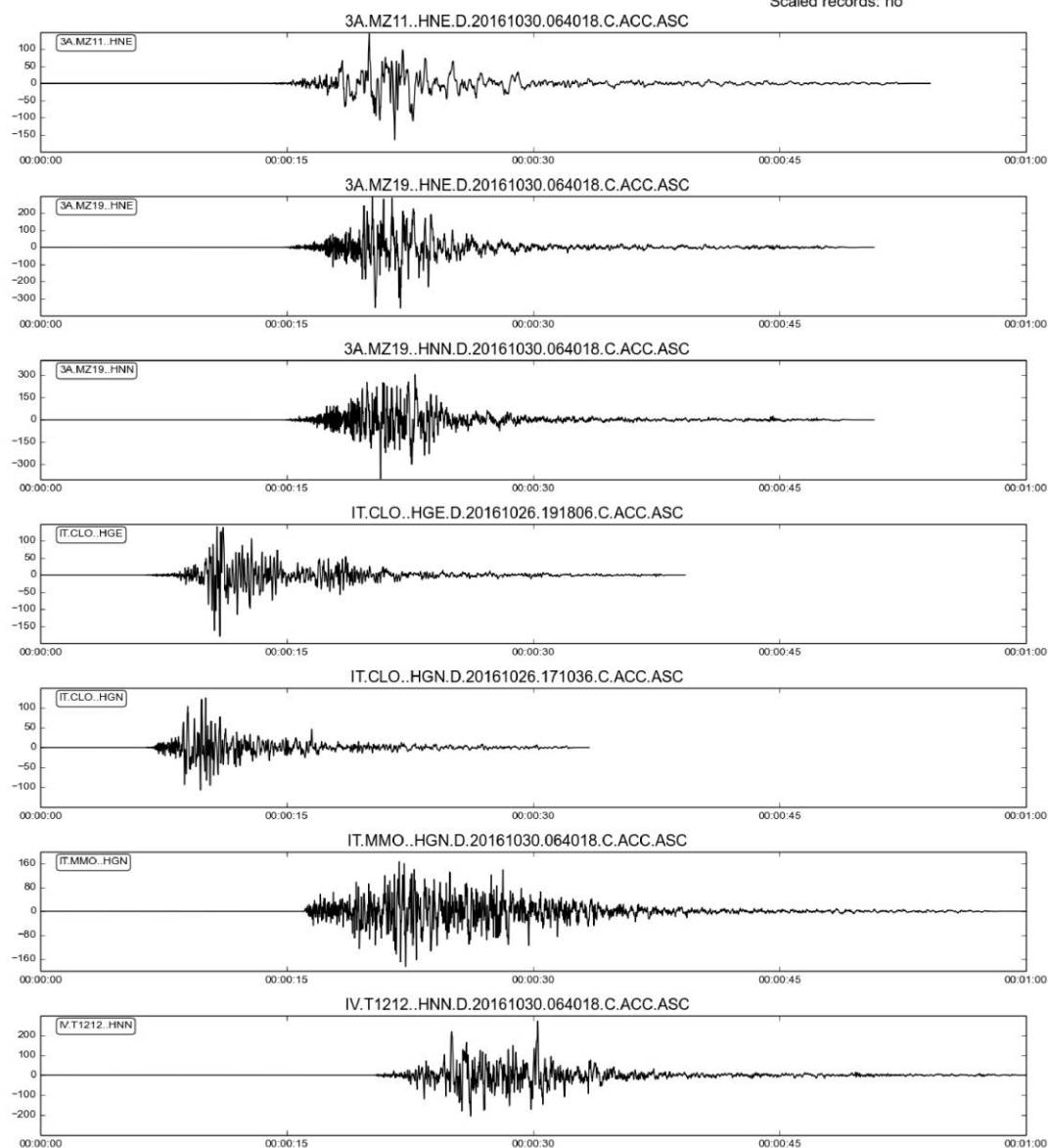
Mon Jul 03 14:54:39 CEST 2017



Target spectrum
 =====
 Latitude: 42.58481
 Longitude: 12.8438
 Site classification: A
 Topography: 1
 Nominal life [years]: 50
 Building functional type (Cu): 1.0
 Limit state probability : 0.1

Preliminary record search
 =====
 Station site classification: A,A*
 Magnitude min: 5.0
 Magnitude max: 6.1
 Types of magnitude considered: WL
 Epicentral distance min [km]: 0.0
 Epicentral distance max [km]: 30.0
 Include late trigger events: no
 Include analog recordings: no

Analysis options
 =====
 Period range min [s]: 0.1
 Period range max [s]: 1.1
 Tolerance below average [percent]: 10.0
 Tolerance above average [percent]: 30.0
 Scaled records: no



7.1.2. Simulazioni numeriche

Da quanto emerso dalle MOPS di livello 1, in particolare dai loro profili stratigrafici, si è proceduto all'individuazione di profili sismici e stratigrafici, spazialmente distribuiti nelle aree oggetto di studio in modo da coprirle interamente le aree di MS3.

Tenendo conto che della definizione delle stratigrafie di ogni singola MOPS, sono stati riportate variazioni nello spessori dei vari strati presenti, si potrà avere all'interno di ogni MOPS delle diverse situazioni sismostratigrafiche, da luogo a luogo.

Pertanto al fine di individuare delle sismografie il più possibile vicine alla realtà, in alcune delle MOPS presenti sono state individuate più verticali a cui è riferibile una sismostratigrafia di riferimento, nell'ambito di variabilità degli spessori e di Vs caratterizzanti la MOPS stessa.

Considerando l'estensione areale delle varie "zone omogenee" e delle possibili eteropie riscontrabili, in taluni casi si sono definiti anche dei valori di spessori e di Vs, mediati tra le varie situazioni che possono essere presenti all'interno della stessa zona.

Pertanto i profili di modellazione rappresentano condizioni stratigrafiche tipo per i quali sono spesso utilizzati valori mediati dei parametri geomeccanici e sismici, proprio perché tali profili devono essere rappresentativi di più situazioni.

Di seguito viene riportata una tabella riassuntiva ove sono inseriti per litologia presente nelle MOPS i seguenti dati:

- spessore degli intervalli;
- range VS (m/s) minimo-massimo;
- VS (m/s) media;
- range Vp (m/s) minimo-massimo;
- Vp (m/s) medio;
- riferimento indagine.

MS3 - POLINO											
SIGLA	Legenda Carta geologica	Legenda Carta Geologica Tecnica	indicazione spessore m	range V_s (m/s) minimo-massimo	V_s (m/s) media	range V_p (m/s) minimo-massimo	V_p (m/s) medio	Curve G/G0 e D (riferimento curva da allegare)	peso di volume kN/m3	coefficiente di poisson	riferimento indagine
RI	-	RI - terreno di riporto	8.5 m		233		862		19		P1S1-P1SPT1-P1DH1
GW	-	GW - deposito alluvionale, ghiaie a scarsa matrice sabbiosa, sciolte e/o debolmente cementate	max 3 m								P6HVSR
SFLP	MAS - Calcare massiccio	SFLP - Substrato lapideo fratturato/alterato	da DH		654		1941				P1S1-P1DH1
			ca 6 m	400-930	665		-			-	L6MW
			5/6m	400-600	500					-	L1SR-L2SR-L3SR
			3/4 m	800-1400	1100						
LP	MAS - Calcare massiccio	LP - Substrato lapideo	-	927-1394	1200	2328-3717					P1S1-P1DH1
			-	1980	1680		-			-	L6MW
			-	1400-1600	1500						L1SR-L2SR-L3SR
LPS	COI - Corniola	LPS - Substrato lapideo stratificato	-	1390-1880-1900	1723						L5MW-L7MW
SFLPS	COI - Corniola	SFLPS - Substrato lapideo stratificato fratturato/alterato	10 m	830	830	-	-				L7MW

7.1.2.1. Ipotesi di modellazione

Il rilievo topografico su cui sorge il centro storico è stato analizzato sulla base delle sezioni A-A' (cresta) e D-D' (scarpata) mediante codice di calcolo bidimensionale ad elementi al contorno per la valutazione delle amplificazioni di tipo topografico.

La presenza dello strato di alterazione del substrato roccioso è stata considerata mediante analisi monodimensionali applicando come input quello modificato dalla morfologia.

Lungo le sezioni B-B' e C-C' i fenomeni di amplificazione topografica sono stati considerati trascurabili e le analisi sono state condotte mediante codice 1D, considerando l'input non modificato dalla morfologia e due diverse situazioni sismo-stratigrafiche (MOPS 2099 e 2002).

La codifica degli accelerogrammi di input è di seguito riportata:

Comune	Registrazione	codifica modellazione
Polino	3A.MZ11..HNE.D.20161030.064018.C.ACC	acc1
Polino	3A.MZ19..HNE.D.20161030.064018.C.ACC	acc2
Polino	3A.MZ19..HNN.D.20161030.064018.C.ACC	acc3
Polino	IT.CLO..HGE.D.20161026.191806.C.ACC	acc4
Polino	IT.CLO..HGN.D.20161026.171036.C.ACC	acc5
Polino	IT.MMO..HGN.D.20161030.064018.C.ACC	acc6
Polino	IV.T1212..HNN.D.20161030.064018.C.ACC	acc7

7.1.2.2. Curve di decadimento e smorzamento

Per quanto riguarda le curve di decadimento/smorzamento che sono le seguenti:

Curva - alterato

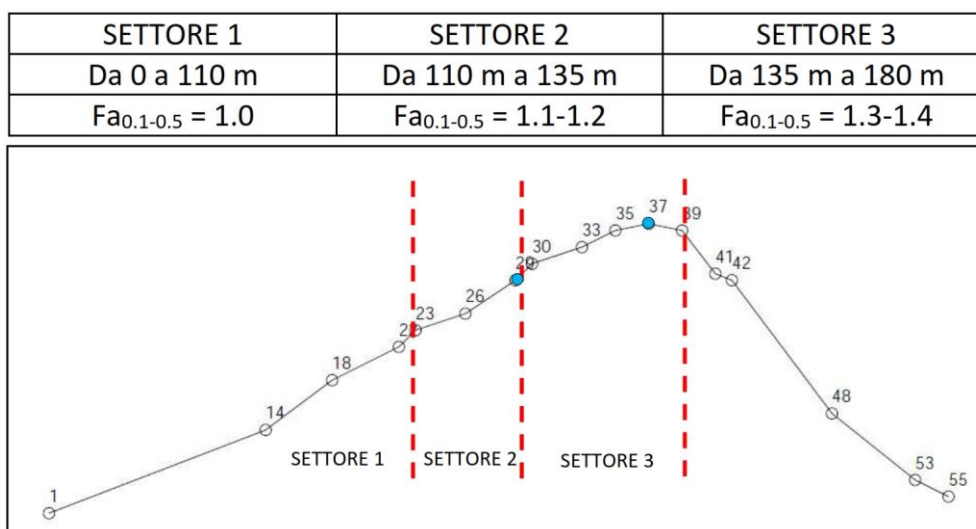
Lo Presti D.C.F. et alii
(2000) – Definizione del
modello di sottosuolo per
le analisi di risposta
sismica: il caso di
Castelnuovo Garfagnana.
Corso CISM 2000.Y

Ccurva - copertura

Rollins K.M. et alii (1998) –
Shear modulus and damping
relation ships for gravels.
Journal of geotechnical and
geoenviromental engineering.
124, 5, 396-405. Y

7.1.2.3. Simulazioni numeriche 2D

I valori di $F_{a0.1-0.5}$ più cautelativi, ottenuti da modellazione 2D, si ritrovano lungo la sezione A-A', sulla quale si individuano 3 settori a partire dall'estremo A:



Sulla base di questa delimitazione sono stati considerati come punti di analisi rappresentativi dei due settori soggetti ad amplificazione topografica i punti 28 e 37 (sopra evidenziati), per i quali sono stati estratti gli accelerogrammi modificati utilizzati come input per le successive modellazioni 1D.

Lungo la sezione D-D' i valori di amplificazione sono risultati inferiori a quelli ottenuti lungo la sezione A-A', la quale si ritiene rappresentativa di tutto il centro storico.

7.1.2.4. Simulazioni numeriche 1D

I programmi di calcolo 1D sono validi per modellare situazioni piano-parallele a uno o più strati, considerando una colonna verticale monodimensionale e ipotizzando lateralmente omogenea la stratigrafia presente ai lati della verticale di analisi; per tali situazioni è lecito pertanto considerare la sola dimensione della profondità, trascurando le altre due dimensioni.

Le situazioni riconducibili a uno schema monodimensionale, sono le aree centrali di estese valli alluvionali superficiali (con rapporto $H/L < 0.25$ ove H è la profondità massima e L è la distanza dal centro a uno dei due bordi, nell'ipotesi di valle simmetrica).

Le principali cause dell'amplificazione del moto sismico sono il contrasto di impedenza del terreno, tra essi e il basamento roccioso e il fenomeno della risonanza, determinata dalla prossimità tra le frequenze del moto al substrato e quelle naturali di vibrazione del deposito.

Con la procedura di calcolo è possibile "trasferire" l'accelerogramma di input, dal bedrock in superficie infatti la deformazione per ciascuno strato viene corretta sulla base del rapporto fra deformazione effettiva e massima come suggerito dalla letteratura scientifica.

I *codici di calcolo* commerciali consentono di effettuare analisi numeriche a differente grado di complessità; si parte da analisi semplici come quelle monodimensionali di tipo lineare equivalente (effettuate, ad esempio, con il codice di calcolo SHAKE e suoi derivati tipo EERA, NERA, STRATA, etc) fino ad arrivare a codici che implementano approcci più complessi, che consentono al limite di effettuare analisi tridimensionali, modellando l'interazione tra le diverse fasi del terreno ed il complesso comportamento tensio-deformativo dello scheletro solido in campo ciclico e dinamico (non linearità, isteresi, accoppiamento volumetrico-distorsionale, ecc.).

Per il materiale di alterazione del substrato presente nella MOPS 2099, per il materiale di riporto presente nella MOPS 2002 e per il substrato sismico sono state considerate le seguenti proprietà:

	Bedrock sismico	
	<p>Aree 2099_1 e 2099_2: $\gamma = 24$ - $V_s = 1200$ m/s</p> <p>Aree 2099_3 e 2002: $g = 24$ - $V_s = 927$ m/s</p>	
	Substrato alterato	
	<p>Spessore: 6 m</p> <p>Aree 2099_1 e 2099_2: $\gamma = 22$ - $V_s = 500$ m/s</p> <p>Aree 2099_3 e 2002: $g = 22$ - $V_s = 654$ m/s</p>	
	Copertura	
	<p>Spessore: 6 m</p> <p>Area 2002: $\gamma = 18$ - $V_s = 233$ m/s</p>	

SIMBOLO – aree MS3	Fa_{0.1-0.5}	Fa_{0.4-0.8}	Fa_{0.7-1.1}
2099_1	1.5	1.3	1.1
2099_2	1.2	1.3	1.1
2099_3	1.0	1.0	1.0
2002	1.8	1.1	1.1
1011-1012	1.0	1.0	1.0

7.1.2.1.3. Risultati

Per ogni modellazione eseguita numerica è stato prodotto come risultato della modellazione stessa:

- n. 7 spettri di risposta elastici al 5% di smorzamento, di INPUT, al bedrock, uno per ogni accelerogramma sismico di input;
- n. 7 spettri di risposta elastici al 5% di smorzamento, di OUTPUT, in superficie (outcrop), uno per ogni accelerogramma sismico di input;
- n. 7 accelerogrammi, di OUTPUT, in superficie (outcrop), uno per ogni accelerogramma sismico di input.

Gli spettri e gli accelerogrammi di cui sopra in formato txt sono riportati nelle cartelle informatiche delle modellazioni contenute nella cartella "Spettri".

Per quanto riguarda gli spettri di input ed output, per ogni accelerogramma di input, essi sono riportati graficamente nelle singole schede contenenti il risultato della modellazione, riportate in appendice.

Sono stati infatti calcolati i fattori di amplificazione medi, relativi ad i tre intervalli di periodo richiesti 0.1-0.5 s, 0.4-0.8 s e 0.7-1.1 s; i valori di tali essi sono riportati graficamente nelle singole schede contenenti il risultato della modellazione, riportate in appendice.

7.3. Zone instabili

7.3.1. Faglie attive e capaci (FAC)

Per quanto riguarda le zone instabili per presenza di Faglie Attive e Capaci, in base a quanto riportato nelle cartografie messe a disposizione dall'Amministrazione Comunale, da quanto desunto dalla Microzonazione di livello I validata, da quanto messo a disposizione dal CentroMS nell'ftp comunale, dall'analisi delle banche dati analizzate, ritenute affidabili e dai rilievi effettuati, non si sono avute evidenze di presenza di FAC all'interno delle aree soggette a Microzonazione Sismica di livello 3.

7.3.2. Liquefazioni (LQ)

Per quanto riguarda le zone instabili per liquefazione, in base a quanto riportato nelle cartografie messe a disposizione dall'Amministrazione Comunale, da quanto desunto dalla Microzonazione di livello I validata, da quanto messo a disposizione dal CentroMS nell'ftp comunale, dall'analisi delle banche dati analizzate, ritenute affidabili, non si ha nessuna indicazione proveniente dagli studi pregressi di MS di 1 livello né si hanno indicazioni di altro tipo riguardante la presenza di fenomeni di liquefazione, pertanto, rispettando quanto riportato nei Protocolli di acquisizione dati ed elaborazione relativi alle attività di Microzonazione di Livello III, in cui è ripreso quanto riportato nelle linee guida, che invita ad "evitare che negli studi di MS siano individuate zone suscettibili a liquefazione in assenza dati/informazioni sufficientemente affidabili per la loro perimetrazione", non sono state individuate zone di attenzione (ZALQ0) per liquefazione.

7.3.3. Instabilità di versante sismoindotte (FR)

Le Zone di attenzione per instabilità (ZA) comprendono le aree definite Zona di Attenzione per instabilità di versante (ZA fr) al cui interno sono inclusi dissesti attivi, quiescenti e non definiti individuati nel PAI.

I fenomeno attivo più esteso coinvolge la dorsale a Sud di Polino, con dinamiche di crollo/ribaltamento, e si estende fino all'alveo del Fosso la Sargiola, quest'area è inoltre perimetrata come Area a Rischio elevato R4.

Sono poi presenti numerosi dissesti in stato quiescente, con cinematica di scorrimento; ne sono stati cartografati nove di varie dimensioni sul versante ad Ovest di Polino, alcuni di questi interessano la copertura detritica, altri il substrato; inoltre alcuni sono posizionati nel versante ad Est del Fosso la Sargiola.

Quest'ultimo versante, in particolare le pareti rocciose, sono interessate da un fenomeno di crollo quiescente ed un esteso movimento di scorrimento in stato di attività non definito.

Oltre agli elementi derivanti dal PAI è stata aggiunta una piccola area instabile all'interno dell'area di livello 3 lungo il versante orientale che scende dall'abitato verso il Fosso Sargiola, a seguito di studi eseguiti dallo scrivente che ne hanno individuato lo stato di dissesto gravitativo.

Per quanto riguarda le zone instabili per Instabilità di versante sismoindotte, in base a quanto riportato nelle cartografie messe a disposizione dall'Amministrazione Comunale, da quanto desunto dalla Microzonazione di livello I validata, da quanto messo a disposizione dal CentroMS nell'ftp comunale, dall'analisi delle banche dati analizzate, ritenute affidabili, non si ha nessuna indicazione della presenza di Instabilità sismo indotte.

8. ELABORATI CARTOGRAFICI

8.1. Carta delle indagini

E' stata realizzata la Carta delle Indagini dove in scala 1:5000 è riportata l'area relativa al Livello 1 di Microzonazione mentre in un secondo riquadro in scala 1:2000 è descritta con maggior dettaglio l'area dell'abitato del capoluogo soggetta allo studio di Microzonazione sismica di livello 3.

Nell'area di Livello 3 sono state eseguite, durante la presente fase di studio, nuove indagini (come da Piano Indagini approvato) consistenti in:

- un sondaggio a carotaggio continuo nell'area posta sul lato Est del centro abitato di Polino (perforazione fino a 30 metri);
- acquisizione sismica di tipo Down-Hole all'interno del foro di sondaggio sopra descritto;
- tre acquisizioni sismiche di tipo MASW;
- cinque misure di rumore ambientale HVSR.

Le suddette indagini sono state ubicate all'interno dell'area di livello 3 tenendo conto della distribuzione dei dati già esistenti, del livello presunto di pericolosità relativa, eventualmente evidenziato nella carta delle MOPS o nelle carte di MS di livello 1 e 2, ed infine considerando le tracce delle sezioni rappresentative che sono state redatte ed inserite nella Carta geologico-tecnica.

In generale nell'area di approfondimento di livello 3 sono presenti indagini derivanti da altre fonti, principalmente dallo studio di Microzonazione di livello 1, nella seguente misura:

- 1 puntuale e 4 lineari.

Considerando l'intera area di Livello 1 si aggiungono inoltre:

- 7 indagini puntuali.

8.2. Carta delle frequenze naturali dei terreni

Nella Carta delle frequenze naturali sono indicati i valori di frequenza scaturiti dalle misure HVSR.

Le cinque misure disponibili sono state acquisite appositamente dal sottoscritto per la presente fase di studio di Livello 3.

Nella carta sono rappresentati mediante un simbolo circolare in cui il colore varia in base al range di frequenza mentre la grandezza è proporzionale all'ampiezza del picco.

I ranges di frequenza Fr rappresentati è 4-5 utilizzando tonalità di colore verde.

La grandezza dei cerchi aumenta in funzione dell'ampiezza (Ar); sono presenti in carta valori tra 4-5 e 2-3.

Nel caso di assenza di picco il simbolo utilizzato è un quadrato.

MISURA	Fr	Ar
055027P2	4.8	2.65
055027P3		
055027P4		
055027P5		
055027P6	4.8	4.54

8.3. Carta Geologico Tecnica per la MS (CGT_MS)

Nella Carta geologico-tecnica le formazioni geologiche sono state assimilate a unità litotecniche; la descrizione delle formazioni, siano esse corrispondenti al substrato geologico che a terreni di copertura sono contenute nel paragrafo §3.3 (Assetto stratigrafico).

Le correlazioni tra formazioni geologiche e unità litotecniche sono indicate nello schema riportato nella seguente tabella, dove è associato anche l'ambiente di formazione delle formazioni della copertura.

Formazioni di copertura	Classe Geologico-Tecnica	Ambiente formazione
MATERIALE DI RIPORTO	RI Terreni contenenti resti di attività antropica	
DETRITO DI PENDIO	GP Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia	fd falda detritica
DEPOSITI ALLUVIONALI	GP Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia	es ambiente fluviale/argine/barra/canale

Formazioni del substrato	Classe Geologico-Tecnica
MAIOLICA - CALCARI DIASPRIGNI – CALCARI E MARNE A POSIDONIA – ROSSO AMMIONITICO	LPS
CORNIOLA	LPS
	SFLPS
CALCARE MASSICCIO	LP
	SFLP

Nella Carta geologico-tecnica vi sono poi riportate una serie di simbologie che si riferiscono sia a morfologie di superficie, sia ad elementi tettonico-strutturali, suddivise per tipologia nel seguente modo:

INSTABILITA' DI VERSANTE

- FR_A (Frana attiva) – crollo o ribaltamento - 3011
- FR_A (Frana attiva) – colata – 3013
- FR_Q (Frana quiescente) – crollo o ribaltamento – 3021
- FR_Q (Frana quiescente) – scorrimento – 3022
- FR_ND (Frana indefinita) - scorrimento – 3042

FORME DI SUPERFICIE E SEPOLTE

- Orlo di scarpata morfologica naturale o artificiale (10-20 m)
- Orlo di scarpata morfologica naturale o artificiale (>20 m)
- Cresta

ELEMENTI TETTONICO STRUTTURALI

- Faglia non attiva - diretta - certa
- Faglia non attiva - diretta - incerta

ELEMENTI GEOLOGICI ED IDROGEOLOGICI

- Giacitura strati
- Pozzo o sondaggio che ha raggiunto il substrato geologico (m)
- Traccia della sezione geologica

8.4. Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)

E' stata realizzata la Carta delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS) dove in scala 1:5000 è riportata l'area relativa al Livello 1 di Microzonazione mentre in un secondo riquadro in scala 1:2000 è descritta con maggior dettaglio l'area dell'abitato soggetta allo studio di Microzonazione sismica di livello 3.

Deriva dalle informazioni scaturite dai rilievi geologici effettuati e dalle fonti della letteratura geologica disponibili per l'area di Polino; inoltre sono state consultate su aspetti specifici fonti istituzionali quali il Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Fiume Tevere, per quanto riguarda le instabilità dei versanti e il database Ithaca per ciò che concerne la presenza di faglie attive e capaci.

All'interno del territorio studiato sono state individuate due tipologie di zona stabile di seguito descritte; all'interno di queste due zone stabili, costituite da materiale lapideo stratificato e non, sono state incluse sia le superfici con inclinazione superiore che inferiore a 15°, in quanto si tratta aree di modesta estensione areale e di cui è stata valutata la stabilità tramite modellazione 2D:

- **1011:** comprende le aree di affioramento del substrato lapideo stratificato (LPS), corrispondente alla Formazione della Corniola, nell'ambito di versanti con inclinazione sia inferiore che superiore a 15°; avendo verificato tramite le indagini integrative lo stato di integrità del materiale può essere considerato substrato sismico a partire dal p.c.;
- **1012:** comprende le aree di affioramento del substrato lapideo (LP), corrispondente alla Formazione del Calcare Massiccio, nell'ambito di versanti con inclinazione sia inferiore che superiore a 15°; avendo verificato tramite le indagini integrative lo stato di integrità del materiale può essere considerato substrato sismico a partire dal p.c..

Per quanto riguarda le Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali sono state individuate tre tipologie di seguito descritte:

- **Zona 1-2001:** comprende le aree di in cui è presente una copertura di tipo GP (Ghiaie) di spessore compreso tra 2 e 8 metri al di sopra del substrato lapideo (LP-LPS); il substrato si considera fratturato (SFLP-SFLPS) per un primo spessore di circa 6 metri; la zona instabile in oggetto è stata ridefinita rispetto alla precedente MS grazie ai risultati delle indagini reperite nella presente fase di studio;
- **Zona 2-2002:** comprende le aree di in cui è presente materiale di riporto (RI) con spessore compreso tra 2 e 10 metri al di sopra del substrato lapideo (LP); il substrato si considera fratturato (SFLP-SFLPS) per un primo spessore di circa 6 metri;
- **Substrato fratturato/alterato-2099:** tale situazione all'interno dell'area di approfondimento di Livello 3 (Polino capoluogo) grazie alle nuove indagini eseguite, si tratta di substrato di tipo LP e LPS affiorante, ma che nei primi metri di profondità, per uno spessore che può essere variabile ma stimato in circa 6 metri, è fratturato e/o alterato (SFLP e SFLPS).

Le Zone di attenzione per instabilità (ZA) comprendono le aree definite Zona di Attenzione per instabilità di versante (ZA fr) al cui interno sono inclusi dissesti attivi, quiescenti e non definiti individuati nel PAI.

I fenomeno attivo più esteso coinvolge la dorsale a Sud di Polino, con dinamiche di crollo/ribaltamento, e si estende fino all'alveo del Fosso la Sargiola, quest'area è inoltre perimetrata come Area a Rischio elevato R4.

Sono poi presenti numerosi dissesti in stato quiescente, con cinematica di scorrimento; ne sono stati cartografati nove di varie dimensioni sul versante ad Ovest di Polino, alcuni di questi interessano la copertura detritica, altri il substrato; inoltre alcuni

sono posizionati nel versante ad Est del Fosso la Sargiola.

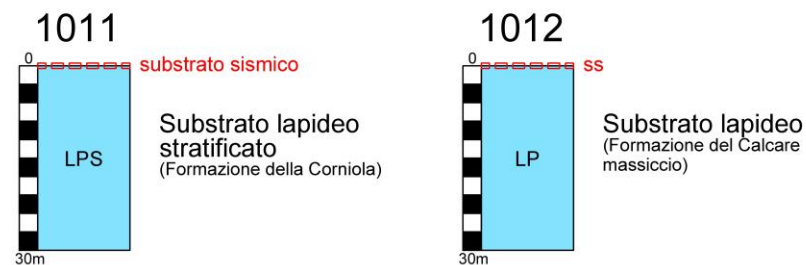
Quest'ultimo versante, in particolare le pareti rocciose, sono interessate da un fenomeno di crollo quiescente ed un esteso movimento di scorrimento in stato di attività non definito.

Oltre agli elementi derivanti dal PAI è stata aggiunta una piccola area instabile all'interno dell'area di livello 3 lungo il versante orientale che scende dall'abitato verso il Fosso Sargiola, a seguito di studi eseguiti dallo scrivente che ne hanno individuato lo stato di dissesto gravitativo.

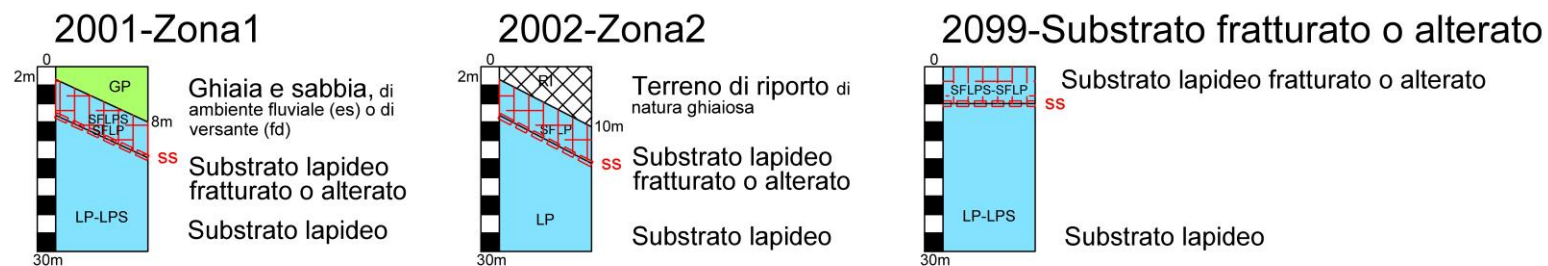
Non sono state inserite in Carta le forme di superficie in grado di avere un effetto di amplificazione sismica, già indicate nella Carta Geologico Tecnica (linee di cresta e orli di scarpate), in quanto l'amplificazione topografica è stata valutata mediante le modellazioni 2D eseguite dal Centro MS.

Nella Carta delle MOPS sono inoltre riportate le ubicazioni dei punti di misura del rumore ambientale con i relativi valori di F (Hz) ottenuti.

ZONE STABILI



ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI



Colonne stratigrafiche relative alle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)

8.5. Carte di Microzonazione Sismica (MS) di livello 3

Nella "Carta di Microzonazione sismica di livello 3" sono state rappresentate cartograficamente le microzone aventi analogo valore dei fattori di amplificazione, ossia aventi i valori di FA, compresi nello stesso range; i valori delle classi, come individuati negli Standard Informatici, sono: 0.1-0.5 sec, 0.4-0.8 sec e 0.7-1.1 sec.

La cartografia è stata prodotta in scala 1:5000 ed è relativa all'area di Polino capoluogo.

All'interno di questa sono state elaborate tre distinte carte rappresentanti i valori di FA per altrettanti intervalli di periodo principali: 0.1-0.5 sec, 0.4-0.8 sec e 0.7-1.1 sec).

Le zone stabili in cui il valore di FA è pari ad 1, sono individuate con il colore azzurro.

Vengono escluse dalla valutazione dei fattori di amplificazione (aree in rigato nero trasversale) le aree instabili, in particolare le "ZA fr" cioè le Zone di attenzione per instabilità di versante.

Per quanto riguarda i valori dei fattori di amplificazione si deve considerare che nei valori uguali a 1 sono comprese le zone con deamplificazione e con amplificazioni fino a 1.04; nella classe 1.1-1.2 sono compresi valori del parametro di amplificazione da 1.05 a 1.24, nella classe 1.3-1.4 sono compresi valori da 1.25 a 1.44 e così via, come descritto nella seguente tabella:

Valori del parametro di amplificazione FA Legenda	Valori del parametro di amplificazione FA Effettivi
1.1-1.2	1.05-1.24
1.3-1.4	1.25-1.44
1.5-1.6	1.45-1.64
1.7-1.8	1.65-1.84
1.9-2.0	1.85-2.04
2.1-2.2	2.05-2.24
2.3-2.4	2.25-2.44
2.5-3.0	2.45-3.04
3.1-3.5	3.05-3.44
>3.5	>3.45

Nell'area microzonata con il Livello 3, sono state effettuate delle modellazioni 2D da parte del CentroMS, lungo le sezioni fornite.

Per quanto riguarda l'analisi degli spettri di risposta e dei fattori di amplificazione per tutte le verticali modellate 1D, si rimanda all'apposito Paragrafo.

Inoltre per ogni microzona è stato fornito:

- successione stratigrafica;
- valore della velocità Vs30;
- categoria di suolo relativa alle NTC;
- fattori di amplificazione calcolati per i tre intervalli di periodo.

MS3 POLINO		
Microzona	Vs30 (m/s)	Categoria suolo NTC
2099_1	938	S2
2099_2	938	S2
2099_3	856	S2
2002	601	S2

Per quanto riguarda il livello pregresso di MS livello 2, già realizzato dalla Regione Umbria in un perimetro analogo a quello del livello 1, si precisa che è presente solo un'area nel capoluogo come Zona suscettibile di amplificazione, a cui era stato attribuito con il metodo degli abachi un FA pari a 1.27; tale area si sovrappone per massima parte all'area di MS3, alle parti esterne, di modesta estensione, è stato mantenuto tale valore.

Nella restante parte del perimetro di MS2 pregressa erano state individuate solo le Zone Instabili; tali zone sono state riviste nel presente studio e dove esse si sono ridotte di estensione, alla parte in eccedenza, su richiesta del CentroMS, è stato attribuito un nuovo valore del FA, calcolato con il metodo degli abachi.

Per tale valutazione si è tenuto conto degli spessori provenienti dalle MOPS e delle velocità Vs utilizzate nelle modellazioni; l'abaco utilizzato, come nello studio regionale progressivo, è stato quello delle ghiaie, con profilo a velocità costante e $A_g=0.26$.

Alle zone stabili 1011 e 1012 è stato attribuito il valore 1.00.

Alla zona 2099 (campo sportivo), con presenza di substrato fratturato, con profondità substrato $H=6\text{m}$ e $V_{sh}=650\text{ m/s}$, il valore calcolato è stato $FA=1.01$.

Per le zone 2001, sono state eseguite due valutazioni con diverso spessore, la prima con ghiaie spessore 2 m e substrato fratturato per 6 m con profondità substrato $H=8\text{m}$ e $V_{sh}=460\text{ m/s}$, il valore calcolato è risultato $FA=1.24$ ed una seconda ipotesi con ghiaie spessore 8 m e substrato fratturato per 6 m con profondità substrato $H=14\text{m}$ e $V_{sh}=340\text{ m/s}$, il valore calcolato è risultato $FA=1.65$; avendo a disposizione pochi dati di tale area esterna al settore oggetto di studio, si ritiene corretto adottare per tutte le zone 2001 il valore cautelativo di $FA=1.65$.

9. CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI

Per quanto riguarda il confronto con la distribuzione dei danni degli eventi passati, poiché non sono stati messi a disposizione dati relativi ad essi, non è possibile eseguire il confronto.

10. BIBLIOGRAFIA

- Foglio Geologico n.138 "Terni" della Carta Geologica d'Italia" e nelle relative Note Illustrative ma anche nello Studio di Microzonazione Sismica di Livello 2 già precedentemente redatto e fornito dalla Regione Umbria;
- Cartografia geologica pubblicata dalla Servizio Geologico della Regione Umbria - sezione 336150;
- Studio di Microzonazione (2014) eseguito dalla Regione Umbria;
- Studio finalizzato alla definizione quantitativa degli effetti di amplificazione sismica del nucleo abitato di Polino (2004) dei Dott. Sandro Trastulli e Gian Luca Falciatori.
- Albarello D. (2011) – Indagini geofisiche di superficie a supporto della Progettazione del modello geologico, Atti del Seminario "Indagini e tecniche di micro zonazione sismica di livello 1 e applicazioni in sede di pianificazione territoriale".
- Albarello D., Castellaro S. (2011) Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola, Supplemento di Ingegneria Sismica n.2.
- AA.VV. (2011) – Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica, vol, I-II-III, Dipartimento della Protezione Civile Presidenza del Consiglio dei Ministri.
- Commissione Tecnica per il monitoraggio degli studi di Microzonazione Sismica (2011) – Standard di rappresentazione ed archiviazione informatica ver. 3.0 e ver. 4.0.
- F.Meloni S. Nisio, G.Ciotoli, L.Liperi,V.Tonelli,P.Zizzari (2012) Carta dei Sinkholes nella Regione Lazio scala 1:250.000
- Meloni F., Nisio S., Ciotoli G., Liperi L., Tonelli V. e Zizzari P.; (2013) Il Catalogo Regionale unificato dei sinkholes del Lazio e le aree a rischio, Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia.
- A.M. Michetti, F.Brunamonte, L.Serva, R.A. Whitney (1995), Seismic hazard Assestment From Paleoseismological Evidence in The Rieti Region, Central Italy
- D. Molin, M. Stucchi e G. Valensise (1996) - Massime intensità macrosismiche osservate nei Comuni Italiani" valutate a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti in Italia di ING/SGA.
- Luca Guerrieri, Fabio Brunamonte, Valerio Commerci, Luca Ferrelli, Alessandro Maria Michetti, Roberto Pompili & Leonello Serva; Geological evolution of the intermountain Rieti basin (Central Apennines).
- A. Rovida, R. Camassi, P. Gasperini e M. Stucchi, (dicembre 2011) Catalogo Parametrico dei terremoti italiani CPTI11, dall'anno 1000 all'anno 2006. *Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Milano, Bologna.* DOI: <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI11>

- Carta Geologica Informatizzata della Regione Lazio 25:000, <http://dati.lazio.it/catalog/dataset/carta-geologica-informatizzata-regione-lazio-25000>.
- A.vA.v. (2010) - Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000 foglio 358 Pescorocchiano. Selca, 2010.
- A.vA.v. (2010) - Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000 foglio 367 Tagliacozzo. Selca, 2010.
- Carta Geologica d'Italia e Note Illustrative Foglio n. 357 "Cittaducale", a cura di D. Cosentino (Coord.), E. Miccadei (Dir.), R. Barberi, G. Basilici, P. Cipollari, M. Parotto e T. Piacenti. Università degli Studi Roma Tre, Dipartimento di Scienze Geologiche.
- Servizio Geologico d'Italia (1934) - Foglio 145 "Avezzano" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 a cura di C. Crema. Poligrafico dello Stato, Roma.
- Servizio Geologico d'Italia (1955) - Foglio 139 "L'Aquila" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 a cura di F Scarsella, Poligrafico dello Stato, Roma.
- Centamore E et alii (1991) - Carta Geologica Dell'area di M.GIANO-M.GABBIA_GOLE DEL VELINO , Dipartimento di Scienze della terra Università degli Studi Roma "La Sapienza", Studi geologici Camerti, Volume speciale n° 2 Crop 11.
- Servizio Geologico d'Italia (1967) - Foglio 138 "Terni" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 a cura di B. Accordi e M.Manfredini, Poligrafico dello Stato, Roma.
- Compagnoni B., Galluzzo F. & Santantonio M. (1990) - Osservazioni sulla tettonica e dati sulla litostratigrafia dei rilievi compresi nel Foglio 367 "Tagliacozzo" alla scala 1:50.000. Boll. Serv. Geol. d'It. ,109: 73-90.
- Centamore E., Nisio S. & Fiorenza D. (in stampa a) – Schema geomorfologico dell'area di S. Vittorino (Rieti). Boll. Serv. Geol. Naz..68 (1999).
- Cavinato G.P. Carta geologica del settore meridionale del Bacino di Rieti (Appennino centrale), scala 1:50.000. Consiglio Nazionale delle Ricerche – Centro Studi per la Geologia dell'Italia Centrale.
- Cipollari P. & Cosentino D. (1992) - La linea Olevano-Antròdoco: Contributo della biostratigrafia alla sua caratterizzazione cinematica. Studi Geologici Camerti, Vol. Spec. CROP11,(1991/2):143-150.
- Civitelli G. & Corda L. (1988) - Successioni flyschoidi e complessi alloctoni. In: Note illustrative alla carta delle litofacies del Lazio-Abruzzo ed aree limitrofe. Quaderni de "La Ricerca Scientifica", 114 (5): 93-168.
- Civitelli G., Corda L. & Mariotti G. (1986 a) - Il bacino sabino: 2) sedimentologia e stratigrafia della serie calcarea e marnoso spongolitica (Paleogene-Miocene). Mem. Soc. Geol. It.35: 33-47.

- Civitelli G., Corda L. & Mariotti G. (1986 b) - Il bacino sabino: 3) evoluzione sedimentaria ad inquadramento regionale dall' Oligocene al Serravalliano. Mem. Soc. Geol. It.35: 399-406.
- Corrado S. (1995) – Nuovi vincoli geometrici e cinematici all'evoluzione neogenica del tratto meridionale della linea Olevano – Antrodoco. Boll. Soc. Geol. It., 114 (1): 245-276.
- Cosentino D., Scoppola C., Scrocca D. & Vecchia P. (1992) - Stile strutturale dei monti Reatini e dei monti Sabini settentrionali (Appennino centrale) a confronto. Studi Geologici Camerti, Vol. Spec. CROP11, (1991/2): 55-61.
- Costa Pisani P. & Nisio S. (2000) - Tectonics and sedimentation in the Salto middle Valley (Rieti, central Italy). Soc. Geol. It.- Convegno: Evoluzione geologica e geodinamica dell'Appennino in memoria del Prof. G. Pialli- Foligno16-18 febbraio 2000.Abstracts: 119-120.
- Dallan Nardi L., Elter P. & Nardi. R. (1971) – Considerazioni sull'Arco dell'Appennino settentrionale e sulla linea Ancona-Anzio. Boll. Soc. Geol. it.90: 203-211.
- Demangeot J. (1965) - Géomorphologie des Abruzzes Adriatiques. Centre Recherche et Documentation Cartographique, Memoires et Documents, CNRS, Paris: 403 pp.
- Demangeot J. (1973) - Néotectonique et dépôts quaternaires dans l'Apennin. In: Moderne vedute sulla geologia dell'Appennino. Atti Acc. Naz. Lincei, 183: 286-304.
- Di Filippo M. & Toro B. (1982) - Le anomalie di Bouguer lungo la "Linea Olevano-Antrodoco". Rend. Soc. Geol. It., 5: 27-28.
- Galadini F., Giuliani R. & Pratlurion P. (1991b) - Characterization of recent deformational sequences in some areas of the Abruzzi Apennines (Central Italy): implications and problems. Il Quaternario, 4, 1: 85-98.
- Guerrieri L., Pascarella F. & Silvestri S. (2000) – Analisi del dissesto geologico-idraulico a diverse scale temporali: primi risultati nell'area campione della medio-bassa Valle del Salto (RI). Atti 80° Riunione estiva Società Geologica Italiana 6-8 settembre 2000.Riassunti: 278-280.
- Mariotti G., Capotorti F. (1988) - Analisi ed interpretazione di alcuni elementi tettonici recenti nella media Valle del Salto. Rend. Soc. Geol. It., 11: 79-84.
- Parotto M. & Pratlurion A. (1975) - Structural Model of Italy: Geological summary of the central Apennines., 257-311.
- Vezzani L. & Ghisetti F. (con la collaborazione di A.Bigozzi, U.Follador & R.Casnedi) (1997) - Carta geologica dell'Abruzzo. SELCA, Firenze.
- F.Brunamonte, D. Cosentino, L. D'Amico, R.Gavasci, A.Prestininzi, C.Romagnoli - Carta dei Sistemi idrogeologici del territorio della Regione Lazio, a scala 1:200.000.

APPENDICE 1 Stratigrafia sondaggio e Misurazioni di Sismica in foro (DH)

Committente: Dott. Geol. Tonino Uffreduzzi

Cantiere: MICROZONAZIONE SISMICA DI TERZO LIVELLO - esecuzione sondaggio geognostico a carotaggio continuo, a distruzione di nucleo e prove in sito, presso il Comune di Polino (Tr).



Fuori scala





Note:

S1DH 

Sondaggio geognostico S1DH - lat. 42,5846°; long. 12,8446° (WGS84)

 SONDEDILE S.R.L. Via delle magnolie n. 3 - 02100 RIETI TEL. 0746/203140 - FAX 0746/294822 CELL. 336/772096 C.F. e P.I.V.A. 00561630575	STRATIGRAFIA SONDAGGIO S1dh		
	Certificato n° 735		del 11/09/2017
	Verbale di accettazione n° 19 del 01/09/17		
	Commessa n° 26 del 05/08/17		
Procedura di prova: IDL 7A/I		Normativa di riferimento: Racc. AGI 1977	Pag. 1/1

Committente: Dott. Geol. Tonino UFFREDUZZI	Cantiere: MICROZONAZIONE SISMICA DI TERZO LIVELLO - Esecuzione sondaggio geognostico a carotaggio continuo, a distruzione di nucleo e prove in sito, presso il Comune di Polino (Tr).	Sondaggio: S1dh	Data inizio: 05/09/17
			Data fine: 07/09/17
Ubicazione sondaggio: lat. 42,5846°; long. 12,8446° (WGS84)		Quota boccaforo: 841 m s.l.m.	Geologo: Dott. Geol. Alessandro Scappa
Macchina operatrice: Sonda MORI M45	Metodo perforaz.: WIRE-LINE	Diam. perforazione mm: 101	Carotiere: semplice/doppio

Profondità	Potenza	Simbologia	Descrizione litostratigrafica	Falda	Rivestimento provvisorio	Campioni	Prof. SPT	N° di colpi	Rivestimento definitivo	Pocket (MPa) rifiuto > 0.6	Carotaggio %	Scala 1:230
7.50	7.50		10cm di asfalto. Terreno di riporto costituito da breccie calcaree spigolose biancastre, debolmente addensate, in matrice terrosa avana e nocciola, con abbondanti resti di laterizi sparsi. Recupero materiale: spezzoni di carota e materiale sciolto.									1
8.50	1.0		Terreno a grana grossa, costituito da ghiaie e ciottoli calcarei biancastri e rossastri, spigolosi, mediamente addensati, in matrice limo-sabbiosa nocciola. Recupero materiale: materiale sciolto.				8.00	15 19 39				2
14.0	5.50		Substrato calcareo, costituito da calcari bianchi sub-cristallini, calcari avana detritici e brecciati, fratturati, ma competenti. Da -11.00m fino a -12.50m, sabbia calcarea dovuta alla frantumazione durante la perforazione di materiale calcareo tenace e duro. Recupero materiale: materiale sciolto e spezzoni di carota. DA -14M FINO A -30.00M, CAROTAGGIO ESEGUITO A DISTRUZIONE DI NUCLEO.									3
30.00	16.00				φ 127				Rivestimento definitivo in PVC (φ 90mm e sp. 4.8mm), cementato all'esterno			4
												5
												6
												7
												8
												9
												10
												11
												12
												13
												14
												15
												16
												17
												18
												19
												20
												21
												22
												23
												24
												25
												26
												27
												28
												29
												30

Note:	Il direttore del laboratorio (Dott. Geol. Alessandro Scappa)
-------	---

Partita IVA / Codice Fiscale e R.I.: 00561630575 • C.C.I.A.A. di Rieti N. 32369 • Sede amministrativa: Via delle Magnolie 3, 02100 RIETI
• Tel. 0746 203140 - Fax 0746 294822 • sond.edile@tiscali.it

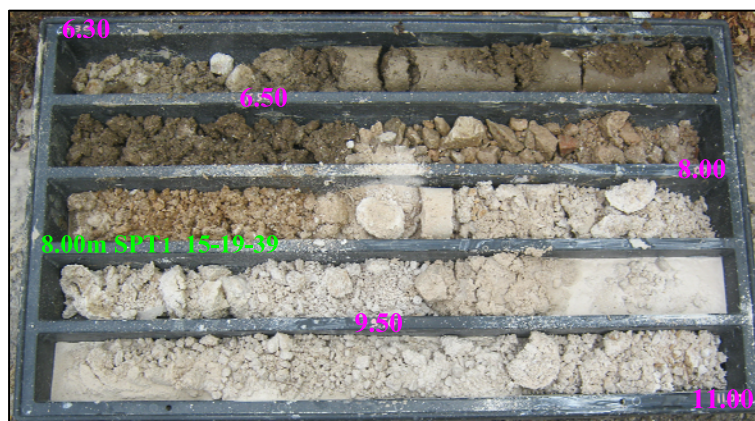
**POSTAZIONE:
Sondaggio S1dh**



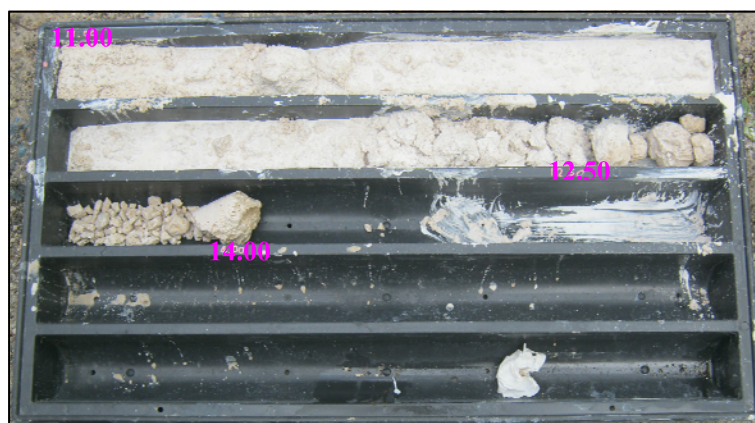
**S1dh -C1
Da 0.00m a 6.30m**



S1dh -C2
Da 6.30m a 11.00m



S1dh -C3
Da 11.00m a 14.00m



 SONDEDILE S.R.L. Via delle magnolie n. 3 - 02100 RIETI TEL. 0746/203140 - FAX 0746/294822 CELL. 336/772696 C.F. e P.I.V.A. 00561630575	PROVA PENETROMETRICA DINAMICA S.P.T.		
	Certificato n° 736		del 11/09/2017
	Verbale di accettazione n° 19 del 01/09/17		
	Commessa n° 26 del 05/08/17		
Procedura di prova: IDL 7A/3		Normativa di riferimento: Racc. AGI 1977	Pag. 1/1

Committente: Dott. Geol. Tonino UFFREDUZZI	Cantiere: MICROZONAZIONE SISMICA DI TERZO LIVELLO - esecuzione sondaggio geognostico a carotaggio continuo, a distruzione di nucleo e prove in sito, presso il Comune di Polino (Tr).	Sondaggio: S1DH	Data prova: 05/09/17
---	--	------------------------	-----------------------------

Ubicazione sondaggio: lat. 42,5846°; long. 12,8446° (WGS84)	Quota boccaforo: 841 m s.l.m.	Geologo: dott. geol. Alessandro Scappa
--	--------------------------------------	---

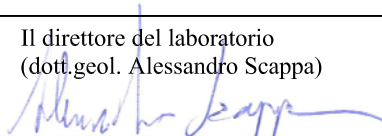
Macchina operatrice: Sonda MORI M45	Metodo perforaz.: WIRE - LINE	Diam. perforazione mm: 101	Carotiere: semplice
--	--------------------------------------	-----------------------------------	----------------------------

CARATTERISTICHE CAMPIONATORE

Campionatore Raymond:

Massa battente:	M= 63.50 Kg
Altezza caduta libera:	H= 0.76 m
Diametro punta conica:	D= 51.00 mm
Area base punta conica:	A= 20.43 cmq
Angolo apertura punta:	$\alpha = 60^\circ$
Lunghezza aste:	La= 1.50 m
Massa aste per metro:	Ma= 7.00 Kg
Diametro aste:	$\varphi = 50.00$ mm
Avanzamento punta:	$\delta = 0.15$ m
Numero di colpi punta:	N= N(15) Relativo ad un avanzamento di 15 cm

Prova SPT1: 8.00 m	PUNTA APERTA <input type="checkbox"/>	Valore misurato: N1= 15 N2= 19 N3= 39	NSPT= 58 (Rif.)
	PUNTA CHIUSA <input checked="" type="checkbox"/>		

Note:	Il direttore del laboratorio (dott. geol. Alessandro Scappa) 
--------------	--

Partita IVA / Codice Fiscale e R.I.: 00561630575 • C.C.I.A.A. di Rieti N. 32369 • Sede amministrativa: Via delle Magnolie 3, 02100 RIETI
 • Tel. 0746 203140 - Fax 0746 294822 • sond.edile@tiscali.it



Att.ne SOA
n. 9753/35/00



Cert. n. B05509

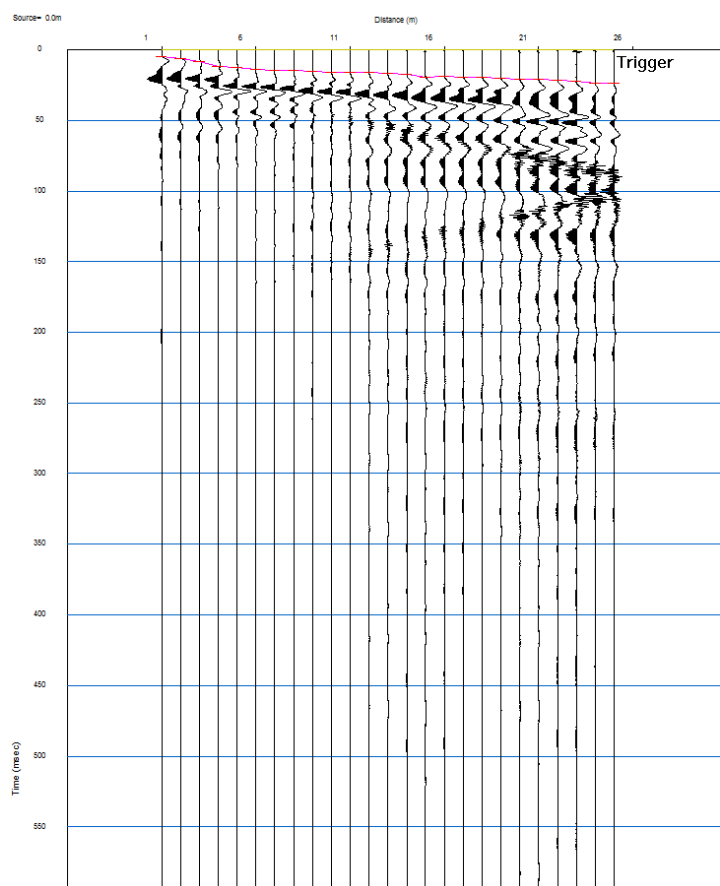
Prova Down-Hole
Comune di Polino

Istituto per l'Ambiente Marino Costiero (IAMC-CNR)

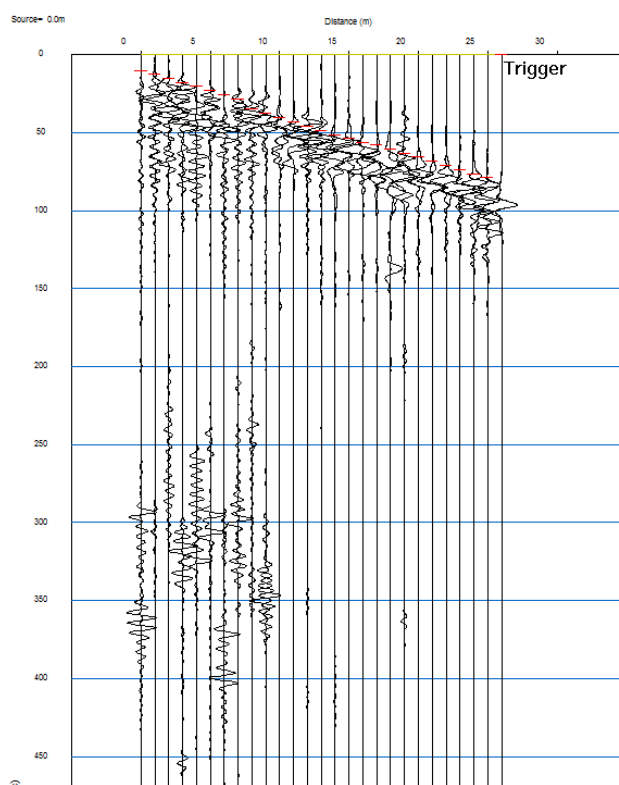
Dr. Vincenzo DI FIORE
Dr. Giuseppe CAVUOTO
Dr. Michele PUNZO
Dr. Daniela TARALLO
Dr. Nicola PELOSI
Paolo SCOTTO di VETTIMO
Michele IAVARONE
Rodolfo BACULO

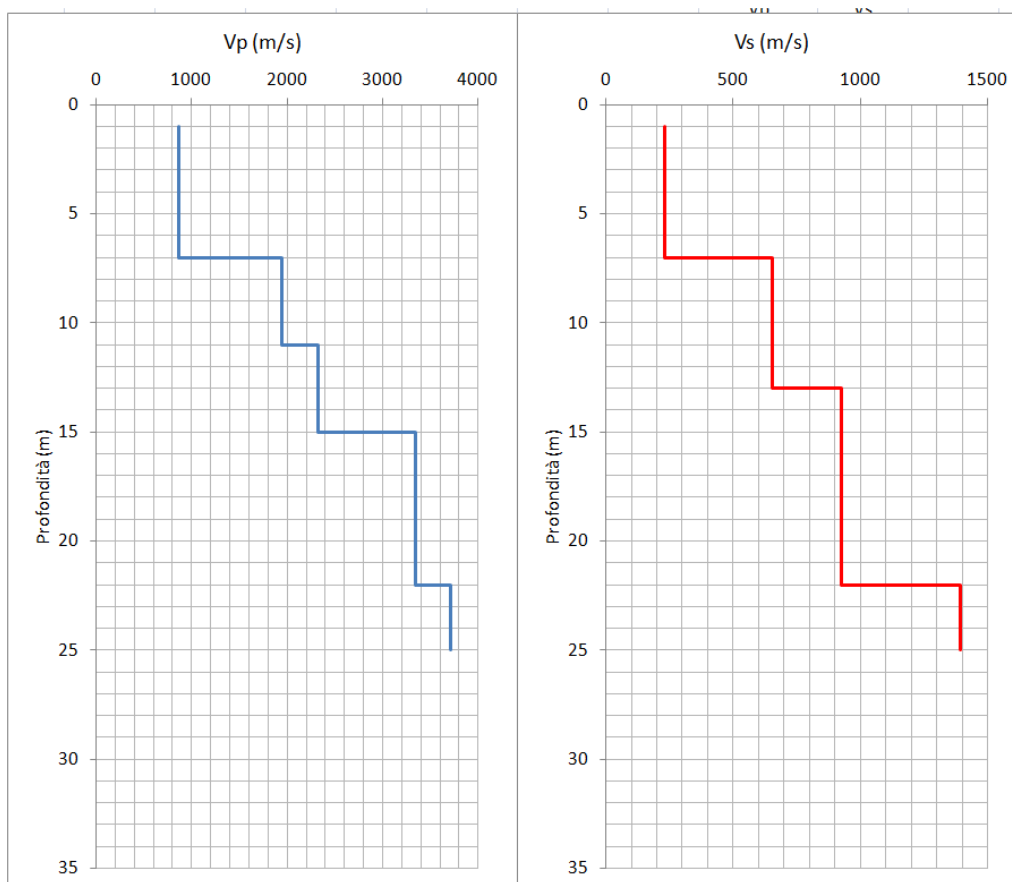
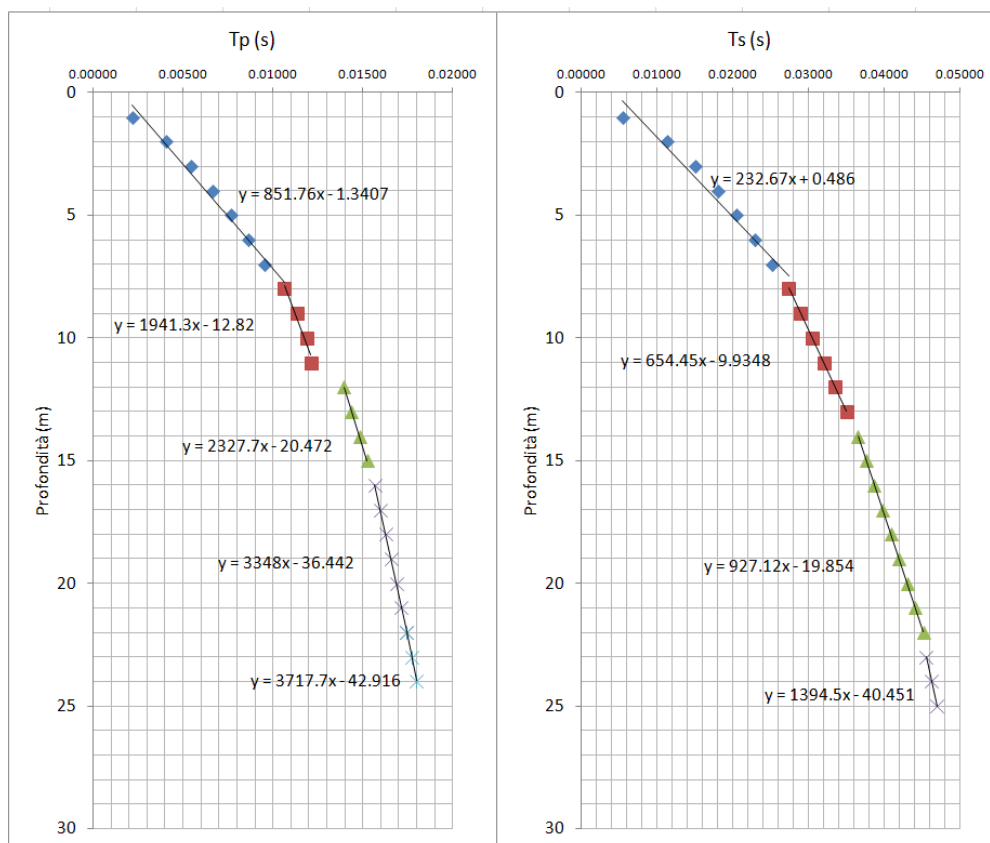
NAPOLI NOVEMBRE 2017

Sismogrammi onde P



Sismogrammi onde S





Sito: Polino

Profondità [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]
0.0 - 7.0	862	233
7.0 – 11.0	1941	654
11.0 – 13.0	2328	654
13.0 – 15.0	2328	927
15.0 – 22.0	3348	927
22.0 – 25.0	3717	1394

SCHEDA DH N. 59

Macroarea	Umbria	
Località	Polino	
Data di acquisizione	26/10/2017	
Coordinate Geografiche	Lat.	42° 35' 4.55" N
	Long.	12° 50' 39.67" E
Sondaggio		
Profondità foro (m)	30.00	
Strumentazione		
Sismografo	Geometrics-Geode	
Sensori	n. 2 geofoni 3D a distanza di 1 m a 10 Hz	
Sistema orientazione	Aste in alluminio	
Sorgente	Massa Battente 5 Kg	
Piastra (componente verticale)	Alluminio rinforzato 30cmX30cm	
Piastra (componente orizzontale)	Alluminio rinforzato 30cmX30cm	
Parametri acquisizione		
Intervallo Campinamento (ms)	0.250	
Finestra temporale (s)	1.0	
Numero Campioni acquisiti	4000	
Distanza dal boccapozzo (m)	2	
Prima misura (m)	1.0	
Ultima Misura (m)	28.0	



Foto - Sito di durante l'esecuzione della prova