



PROTEZIONE CIVILE

Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



REGIONE VENETO



CONFERENZA DELLE REGIONI E
DELLE PROVINCE AUTONOME



Comune di Cappella Maggiore (TV)

<i>Regione</i> Veneto	<i>Provincia</i> Treviso	<i>Comune</i> Cappella Maggiore	
<i>Titolo</i> Studio di Microzonazione Sismica di Secondo Livello con approfondimenti di Terzo Livello Relazione illustrativa			
<i>Committente</i> Comune di Cappella Maggiore			
Dr. Geol. Paolo Sivieri – O.R.G.V. n. 169 Dr. Geol. Giovanni Rigatto – O.R.G.V. n. 839 Dr. Geol. Monica Petta – O.R.G.V. n. 843  ADAstra ENGINEERING SERVIZI PER LA GEOLOGIA 			
<i>Data</i> 01 febbraio 2016	<i>Codice Commessa</i> 15117	<i>Rev.</i> n. 00	<i>Documento</i> 15117_20160201_R00_03
ADAstra ENGINEERING srl - sede legale: v. Xola, 41b 30020 Torre di Mosto (Ve) - sede operativa: v. Confin, 87b 30020 Torre di Mosto (Ve) t. 0421-325683 fax 0421-326532 www.adastra.it info@adastra.it - c.f., p. iva, reg. impr. VE 04251560274 - n° rea cciaa VE 378954 – cap. soc. 10.000 € AZIENDA CERTIFICATA CON SISTEMA DI QUALITÀ UNI EN ISO 9001/2008			



Comune di Cappella Maggiore (TV) Studio di Microzonazione Sismica di Secondo Livello con approfondimenti di Terzo Livello Relazione illustrativa

Indice

1	Introduzione.....	7
1.1	Premessa	7
1.2	La Microzonazione Sismica.....	7
1.3	Metodologia e prescrizioni della Microzonazione di Secondo Livello.....	8
1.4	Riferimenti normativi	9
1.5	Articolazione dello studio	11
1.6	Inquadramento geologico, geomorfologico e idrogeologico	12
1.7	ITHACA - Catalogo delle faglie capaci	14
1.8	Sismicità del comune di Cappella Maggiore	16
1.8.1	Zonazione sismica	16
1.8.2	Database Macrosismico Italiano (versione DBMI11).....	16
1.8.3	Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (versione CPTI11).	18
1.8.4	Carta della sismicità in Italia dal 2000 al 2012.....	19
1.8.5	Database of Individual Seismogenic Sources (DISS. 3.2)	20
2	Dati geotecnici e geofisici.....	22
2.1	Fonti dei dati pregressi	22
2.2	Il piano delle misure geofisiche integrative	22
3	Microzonazione Sismica di Secondo Livello.....	23
3.1.1	Determinazione dei valori di Fa e Fv	24
3.1.2	Effetti topografici	26
3.1.3	Liquefazione	26
4	Metodologie di elaborazione e risultati	28
4.1	Indagini geofisiche integrative: sensori impiegati	28
4.2	Commento generale alle misure di Vs30 e HVSr.....	29
5	Elaborati cartografici.....	31
5.1	Carta della Microzonazione Sismica - Livello II	31
5.2	Carta delle indagini.....	31
5.3	Carta delle frequenze fondamentali di risonanza e dell'amplificazione H/V	32
5.4	Carta delle Vs30	32
6	Approfondimenti analitici di Terzo Livello - RSL	33
6.1	Verifica alla liquefazione dei terreni.....	33
6.2	Analisi delle FAC - Faglie attive e capaci	35
6.2.1	La Faglia del Cansiglio	35
6.2.2	Zona di Attenzione (ZAFAC) – MS di Primo Livello.....	37

6.2.3	Approfondimento di Terzo Livello.....	38
6.2.4	Disciplina d'uso del suolo in zone di faglia attiva e capace	39
6.3	Definizione delle instabilità di versante.....	40
6.4	Analisi numerica	41
6.4.1	Cenni di teoria.....	42
6.4.2	Analisi di Risposta Sismica Locale.....	45
6.4.3	Definizione delle azioni sismiche in ingresso.....	46
6.4.4	Commenti allo studio di Risposta Sismica Locale	112
7	Commenti finali e criticità	113
8	Bibliografia	115
9	Appendici	117
9.1	La tecnica dei microtremori (Refraction Microtremors – ReMi).....	117
9.2	La tecnica HVSR	120
9.2.1	Le vibrazioni del suolo	121
9.3	Glossario.....	128
9.4	Sigle.....	130

Allegato 1 – indagini Re.Mi.

Allegato 2 – Indagini HVSR

Allegato 3 – Analisi Granulometriche

Indice delle figure

Figura 1 - Legenda della Carta Litologica del PAT del comune di Cappella Maggiore.....	14
Figura 2 - Carta estratta per il Comune di Cappella Maggiore (DB ITHACA, Portale del Servizio Geologico d'Italia – Ispra).	15
Figura 3 – Diagramma intensità – tempo dei terremoti avvertiti a Cappella Maggiore da DBMI11.....	17
Figura 4 - Carta della sismicità in Italia dal 2000 al 2012. Dettaglio dell'area di studio.....	20
Figura 5 - Sorgenti sismogenetiche (DISS Working Group, 2010). Legenda= CS sources = sorgenti composite; IS Sources= sorgenti individuali; DS sources: sorgenti controverse (da Sugan e Peruzza, 2011).....	21
Figura 6 – Lotti e aree di espansione urbanistica.....	24
Figura 7 - Strumentazione per la misura della VS. Sismografo a 24 canali Geometrics GEODE (a sinistra). Schema di accoppiamento dei geofoni su pavimentazione (al centro) o su strada sterrata o in ghiaia (a destra).	28
Figura 8 – Curve di correlazione CSR/V _{s1} secondo Kayle <i>et al.</i> , 2013.	34
Figura 9 – Carta estratta per Galadini <i>et al.</i> , 2005.....	36
Figura 10 – Estratto di carta geologica, non in scala (Bondesan, Busoni, Preto, 2013, Sezioni 085010 - Cappella Maggiore - 085020 Sacile Ovest, scala 1:10.00). Si osservi l'ubicazione della faglia.	37
Figura 11 – Procedure di dimensionamento delle zone di faglia.....	39
Figura 12 – Aree di approfondimento di analisi.....	41
Figura 13 - . Modello di Kelvin-Voigt.....	42
Figura 14 - (a) Ciclo di isteresi simmetrico stres-deformazione; (b) Andamento del modulo di taglio secante (Gsec) e del rapporto di smorzamento (ξ) al variare della deformazione di taglio.....	44
Figura 15 - . Modello di terreno stratificato (secondo Schnabel <i>et al.</i> , 1972) utilizzato dal codice EERA.....	45
Figura 16-Valore di a(g) desunto dalle mappe interattive di pericolosità.....	48
Figura 17-Rapporto magnitudo/distanza.....	48
Figura 18 – Ubicazione del sito CM-01.....	50
Figura 19 - Spettri in accelerazione relativi agli accelerogrammi naturali e spettro target (NTC_A per SLV).....	50
Figura 20 – Modello geologico e profilo di velocità semplificati adottati per i calcoli.....	51
Figura 21 - Accelerazione alla superficie (waveform id 55).....	51
Figura 22 -Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 55).....	52
Figura 23 –Spettro di accelerazione di output (waveform id 55).....	52
Figura 24 –Spettro di accelerazione di output (waveform id 292).....	53
Figura 25 -Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 292).....	53
Figura 26 - Accelerazione alla superficie (waveform id 292).....	54
Figura 27 –Spettro di accelerazione di output (waveform id 342).....	54
Figura 28 -Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 342).....	55
Figura 29 - Accelerazione alla superficie (waveform id 342).....	55
Figura 30 –Spettro di accelerazione di output (waveform id 1891).....	56
Figura 31 -Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 1891).....	56
Figura 32 - Accelerazione alla superficie (waveform id 1891).....	57
Figura 33 –Spettro di accelerazione di output (waveform id 4674).....	57
Figura 34 -Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 4674).....	58
Figura 35 - Accelerazione alla superficie (waveform id 4674).....	58
Figura 36 –Spettro di accelerazione di output (waveform id 6335).....	59
Figura 37 -Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 6335).....	59
Figura 38 - Accelerazione alla superficie (waveform id 6335).....	60
Figura 39 –Spettro di accelerazione di output (waveform id 7142).....	60
Figura 40 -Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 7142).....	61
Figura 41 - Accelerazione alla superficie (waveform id 7142).....	61
Figura 42 – Ubicazione del sito CM-02.....	62
Figura 43 - Spettri in accelerazione relativi agli accelerogrammi naturali e spettro target (NTC_A per SLV).....	63
Figura 44 – Modello geologico e profilo di velocità semplificati adottati per i calcoli.....	63
Figura 45 –Spettro di accelerazione di output (waveform id 342).....	64
Figura 46 -Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 342).....	64
Figura 47 - Accelerazione alla superficie (waveform id 342).....	65
Figura 48 –Spettro di accelerazione di output (waveform id 7142).....	65
Figura 49 -Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 7142).....	66
Figura 50 - Accelerazione alla superficie (waveform id 7142).....	66
Figura 51 –Spettro di accelerazione di output (waveform id 1891).....	67
Figura 52 -Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 1891).....	67
Figura 53 - Accelerazione alla superficie (waveform id 1891).....	68
Figura 54 –Spettro di accelerazione di output (waveform id 368).....	68
Figura 55 -Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 368).....	69
Figura 56 - Accelerazione alla superficie (waveform id 368).....	69
Figura 57 –Spettro di accelerazione di output (waveform id 6332).....	70
Figura 58 -Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 6332).....	70
Figura 59 - Accelerazione alla superficie (waveform id 6332).....	71
Figura 60 –Spettro di accelerazione di output (waveform id 6335).....	71
Figura 61 -Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 6335).....	72
Figura 62 - Accelerazione alla superficie (waveform id 6335).....	72

Figura 63 – Spettro di accelerazione di output (waveform id 4674)	73
Figura 64 - Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 4674)	73
Figura 65 - Accelerazione alla superficie (waveform id 4674)	74
Figura 66 – Ubicazione del sito CM-03	75
Figura 67 - Spettri in accelerazione relativi agli accelerogrammi naturali e spettro target (NTC_A per SLV)	76
Figura 68 – Modello geologico e profilo di velocità semplificati adottati per i calcoli	76
Figura 69 – Spettro di accelerazione di output (waveform id 342)	77
Figura 70 - Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 342)	77
Figura 71 - Accelerazione alla superficie (waveform id 342)	78
Figura 72 – Spettro di accelerazione di output (waveform id 7142)	78
Figura 73 - Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 7142)	79
Figura 74 - Accelerazione alla superficie (waveform id 7142)	79
Figura 75 – Spettro di accelerazione di output (waveform id 1891)	80
Figura 76 - Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 1891)	80
Figura 77 - Accelerazione alla superficie (waveform id 1891)	81
Figura 78 – Spettro di accelerazione di output (waveform id 368)	81
Figura 79 - Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 368)	82
Figura 80 - Accelerazione alla superficie (waveform id 368)	82
Figura 81 – Spettro di accelerazione di output (waveform id 6332)	83
Figura 82 - Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 6332)	83
Figura 83 - Accelerazione alla superficie (waveform id 6332)	84
Figura 84 – Spettro di accelerazione di output (waveform id 6335)	84
Figura 85 - Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 6335)	85
Figura 86 - Accelerazione alla superficie (waveform id 6335)	85
Figura 87 – Spettro di accelerazione di output (waveform id 4674)	86
Figura 88 - Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 4674)	86
Figura 89 - Accelerazione alla superficie (waveform id 4674)	87
Figura 90 – Ubicazione del sito CM-04	87
Figura 91 - Spettri in accelerazione relativi agli accelerogrammi naturali e spettro target (NTC_A per SLV)	88
Figura 92 – Modello geologico e profilo di velocità semplificati adottati per i calcoli	89
Figura 93 – Spettro di accelerazione di output (waveform id 342)	89
Figura 94 - Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 342)	90
Figura 95 - Accelerazione alla superficie (waveform id 342)	90
Figura 96 – Spettro di accelerazione di output (waveform id 7142)	90
Figura 97 - Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 7142)	91
Figura 98 - Accelerazione alla superficie (waveform id 7142)	91
Figura 99 – Spettro di accelerazione di output (waveform id 1891)	92
Figura 100 - Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 1891)	92
Figura 101 - Accelerazione alla superficie (waveform id 1891)	93
Figura 102 – Spettro di accelerazione di output (waveform id 368)	93
Figura 103 - Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 368)	94
Figura 104 - Accelerazione alla superficie (waveform id 368)	94
Figura 105 – Spettro di accelerazione di output (waveform id 6332)	95
Figura 106 - Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 6332)	95
Figura 107 - Accelerazione alla superficie (waveform id 6332)	96
Figura 108 – Spettro di accelerazione di output (waveform id 6335)	96
Figura 109 - Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 6335)	97
Figura 110 - Accelerazione alla superficie (waveform id 6335)	97
Figura 111 – Spettro di accelerazione di output (waveform id 4674)	98
Figura 112 - Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 4674)	98
Figura 113 - Accelerazione alla superficie (waveform id 4674)	99
Figura 114 – Ubicazione del sito CM-05	100
Figura 115 - Spettri in accelerazione relativi agli accelerogrammi naturali e spettro target (NTC_A per SLV)	101
Figura 116 – Modello geologico e profilo di velocità semplificati adottati per i calcoli	101
Figura 117 – Spettro di accelerazione di output (waveform id 342)	102
Figura 118 - Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 342)	102
Figura 119 - Accelerazione alla superficie (waveform id 342)	103
Figura 120 – Spettro di accelerazione di output (waveform id 7142)	103
Figura 121 - Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 7142)	104
Figura 122 - Accelerazione alla superficie (waveform id 7142)	104
Figura 123 – Spettro di accelerazione di output (waveform id 1891)	105
Figura 124 - Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 1891)	105
Figura 125 - Accelerazione alla superficie (waveform id 1891)	106
Figura 126 – Spettro di accelerazione di output (waveform id 368)	106
Figura 127 - Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 368)	107
Figura 128 - Accelerazione alla superficie (waveform id 368)	107
Figura 129 – Spettro di accelerazione di output (waveform id 6332)	108
Figura 130 - Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 6332)	108
Figura 131 - Accelerazione alla superficie (waveform id 6332)	109
Figura 132 – Spettro di accelerazione di output (waveform id 6335)	109

Figura 133 -Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 6335).....	110
Figura 134 - Accelerazione alla superficie (waveform id 6335)	110
Figura 135 -Spettro di accelerazione di output (waveform id 4674)	111
Figura 136 -Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 4674).....	111
Figura 137 - Accelerazione alla superficie (waveform id 4674)	112
Figura 138 - Tipico schema di strumentazione per misure SASW con un sistema a due canali di registrazione (tratto da Stokoe <i>et al.</i> , 1994).....	118
Figura 139 - Tipico spettro p-f di onde di Rayleigh nel quale si osservano un modo fondamentale ed una serie di modi superiori di vibrazione.	119
Figura 140 - Esempio di determinazione (<i>picking</i>) della curva di dispersione del modo fondamentale delle onde di Rayleigh.....	120
Figura 141 - Esempio di modellazione 1D della V_s . Modello geometrico-acustico del sottosuolo (a sinistra). Confronto tra dati sperimentali (cerchi rossi) e curva teorica (linea continua in blu) calcolata dal modello (a destra).	120
Figura 142 – Condizioni di sottosuolo rigido. S_{HS} : spettro dei microtremori alla superficie topografica; S_{HB} : spettro dei microtremori sul substrato (bedrock sismico).	122
Figura 143 - Modello geologico di partenza nell'ipotesi di Nakamura (1989). S_{HS} : spettro dei microtremori alla superficie topografica; S_{HB} : spettro dei microtremori sul substrato (bedrock sismico).....	123
Figura 144 – Rappresentazione schematica di un profilo trasversale ad una valle alpina.....	124
Figura 145 – Diagramma frequenza/amplificazione	126

TAVOLE FUORI TESTO

Codice	Titolo	Versione	Data
CI_15117_20151112_T01_00	Carta delle Indagini	0	12/11/15
MS2_15117_20151112_T02_00	Carta di Microzonazione Sismica di Secondo Livello	0	12/11/15
HVSR_15117_20151112_T03_00	Carta delle frequenze fondamentali di risonanza e dell'amplificazione H/V	0	12/11/15
VS30_15117_20151112_T04_00	Carta delle VS ₃₀	0	12/11/15

ALLEGATI FUORI TESTO DIGITALI

Codice	Titolo	Versione	Data
15117_20151112_ALL01_00	Indagini ReMi	0	12/11/15
15117_20151112_ALL02_00	Indagini HVSR	0	12/11/15
15117_20151112_ALL03_00	Banca dati Indagini SoftMS	0	12/11/15
15117_20151112_ALL04_00	Analisi granulometriche	0	12/11/15

EMISSIONI

Rev.	Codice	Data	Riesame	Verifica	Approvazione
02	15117_20160201_R00_02	01/02/16	MP	GR	PS
01	15117_20160122_R00_01	22/01/16	MP	GR	PS
00	15117_20151112_R00_00	12/11/15	MP	GR	PS

LISTA DI DISTRIBUZIONE

Nominativo	Azienda	Copie a stampa	Copie digitali
Copia ufficio	Adastra Engineering srl	=	✓
Direttore Tecnico – Dr. P. Sivieri	Adastra Engineering srl	1	✓
Ufficio tecnico – Arch. L. Botteon	Comune di Cappella Maggiore	3	✓
Ing. N. Gaspardo	Genio Civile Treviso	1	=

1 Introduzione

1.1 PREMessa

Su incarico dell'Amministrazione comunale di Cappella Maggiore è stato affidato ad Adastra Engineering srl lo Studio di Microzonazione Sismica di Livello II con approfondimenti di Livello III ai sensi dell'OPCM 52 del 20.02.2013 e della DGR n. 1572 del 3.10.2013.

L'incarico professionale è stato svolto dal gruppo di lavoro composto dal Direttore Tecnico Dr. Geol. Paolo Sivieri e dai collaboratori Dr. Geol. Giovanni Rigatto e Dr. Geol. Monica Petta. Si ringrazia la dr.ssa Chiara Levorato per la collaborazione tecnico-cartografica.

In accordo con l'Amministrazione comunale, su indicazione di quanto segnalato dalla nota del Genio Civile (nota n. 538344/70.07.14.00.00 del 16 dicembre 2014) e del Dipartimento Difesa del Suolo della Regione del Veneto (nota prot. n. 538344/ del 16.12.2014), lo studio è stato svolto relativamente alle aree e ai lotti di espansione previsti nel quadro della pianificazione urbanistica comunale, ai fini della valutazione degli effetti di amplificazione litostratigrafica e topografica.

La presente relazione espone le modalità di acquisizione e di elaborazione dei dati geologici, geotecnici, sismici e cartografici adottate nella realizzazione dello studio di Microzonazione Sismica di Secondo Livello ed illustra la cartografia tematica prodotta secondo lo schema logico e le norme richiesti dagli ICMS 2008 e dalle *Linee guida per l'esecuzione di studi di Microzonazione Sismica della Regione Veneto* (DGR n. 1572 del 3.10.2013, all. A).

Gli elaborati sono stati allestiti secondo le indicazioni contenute in *Microzonazione Sismica, Standard di rappresentazione e archiviazione informatica* (Commissione tecnica per la microzonazione sismica, articolo 5, comma 7 dell'OPCM 13.11.2010, n. 3907, versione 4.0b, Roma, ottobre 2015) e nelle citate *Linee guida* (DGR 1572/2013) della Regione Veneto.

Le acquisizioni dei dati di campagna e le elaborazioni cartografiche sono state condotte nei mesi da agosto a novembre 2015.

1.2 LA MICROZONAZIONE SISMICA

Secondo quanto ricordato dalla DGR. n. 1572 del 03.09.2013, i numerosi eventi sismici accaduti in Italia negli ultimi anni, hanno reso maggiormente evidente la vulnerabilità sismica del territorio italiano.

L'osservazione degli effetti dei terremoti degli ultimi decenni, ha evidenziato, inoltre, che i danni alle costruzioni a seguito di eventi sismici si manifestano con differenze notevoli in centri abitati posti anche a piccole distanze tra loro. Le cause di queste situazioni, oltre alla differente tipologia costruttiva, vanno ricercate in una diversa pericolosità sismica locale, accentuata dalle differenti modalità di propagazione delle onde sismiche, funzione delle caratteristiche geometriche, elastico-acustiche e di instabilità di suolo e sottosuolo.

Lo studio delle problematiche sopra descritte è oggetto della microzonazione sismica.

Il miglioramento della conoscenza in materia prodotto dagli studi di microzonazione sismica può contribuire concretamente, insieme a quelli sulla vulnerabilità ed esposizione, all'ottimizzazione delle risorse rese disponibili per interventi mirati alla mitigazione del rischio sismico.

La Regione Veneto, in una prima fase sperimentale di verifica dell'applicabilità delle linee guida regionali, ha deciso di procedere all'avvio degli Studi di Microzonazione Sismica nei comuni già

inseriti in zona sismica 1 e 2 e quelli per cui il territorio è in tutto o in parte caratterizzato da valori di accelerazione sismica massima al suolo superiori a 0,175 g di cui all'OPCM 3519/2006.

Le nuove *Linee Guida per la Microzonazione Sismica (ICMS 2008)* vanno applicate agli studi di microzonazione sismica a corredo degli strumenti di pianificazione urbanistica comunale (PAT, PI e loro varianti di cui alla L.R. 11/2004). Anche i Piani Urbanistici Attuativi (PUA), nei Comuni i cui strumenti urbanistici di livello superiore non contengano studi sismici, devono essere dotati di specifici studi di microzonazione sismica.

La metodologia prevede tre livelli di approfondimento con grado di dettaglio in ordine crescente:

LIVELLO I: si applica in sede di PAT e consente di delineare gli scenari della pericolosità sismica e di identificare le parti del territorio comunale suscettibili di effetti sismici locali: amplificazione del moto sismico, cedimenti, instabilità dei versanti, liquefazione, rottura del terreno, ecc.;

LIVELLO II: si applica in sede di PI a tutte le parti del territorio suscettibili di amplificazione sismica individuati nella precedente fase e per le quali si prevedono trasformazioni urbanistiche del territorio che comportano un incremento dei carichi urbanistici/insediativi e per il territorio compreso nel perimetro del "centro abitato" così come previsti dalla normativa vigente;

LIVELLO III: si applica in sede di PI per le scelte di trasformazione urbanistica nelle aree con particolari criticità geologiche, geomorfologiche e geotecniche. Si applica altresì alle aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico.

1.3 METODOLOGIA E PRESCRIZIONI DELLA MICROZONAZIONE DI SECONDO LIVELLO

Il presente studio è stato svolto a un Livello 2 (con approfondimenti di Livello 3). Le nuove Linee Guida Regionali per la microzonazione sismica vanno applicate agli studi di MS a corredo degli strumenti di pianificazione urbanistica comunale (P.A.T., P.I. e loro varianti di cui alla L.R. 11/2004). Anche i Piani Urbanistici Attuativi (PUA), nei comuni i cui strumenti urbanistici di livello superiore non contengono studi sismici, devono essere dotati di specifici studi di MS.

La metodologia prevede che il Livello 2 di approfondimento sia applicato in sede di P.I. a tutte le parti di territorio suscettibili di amplificazione sismica individuati nella precedente fase e per le quali si prevedono trasformazioni urbanistiche del territorio che comportano un incremento dei carichi urbanistico/insediativi e per il territorio compreso nel perimetro del centro abitato così come previsti dalla normativa vigente.

L'obiettivo del secondo livello di analisi è di compensare le incertezze del primo livello con approfondimenti conoscitivi e fornire quantificazioni numeriche, con metodi semplificati (abachi e leggi empiriche), della modificazione locale del moto sismico in superficie e dei fenomeni di deformazione permanente.

Il risultato fondamentale del secondo livello è la Carta di Microzonazione Sismica ottenuta associando la quantificazione numerica degli effetti, alle parti del territorio suscettibili di amplificazione sismica.

Lo studio, oltre alla revisione delle indagini pregresse ed all'acquisizione dello studio di MS di primo livello del territorio comunale predisposto nel maggio del 2013, ha previsto la realizzazione

di nuove indagini geofisiche che hanno permesso di caratterizzare ulteriormente i terreni nei confronti dei parametri più importanti dal punto di vista sismico.

Gli elaborati cartografici realizzati secondo gli standard di rappresentazione e archiviazione informatica, versione 4.0b, sono i seguenti:

- Carta delle Indagini in scala 1:10.000;
- Carta di microzonazione sismica di secondo livello scala 1:5.000.
- Carta delle Vs in scala 1:5.000;
- Carta delle frequenze fondamentali di vibrazione scala 1:5.000;

Nella presente relazione si è proceduto anche ad illustrare in modo sintetico i contenuti dello studio di microzonazione sismica di I livello, che si ritengono fondamentali per la stesura del II livello.

Sono state inoltre condotte analisi numeriche di risposta sismica locale (Livello 3) nei 5 siti soggetti ad espansione urbanistica e il prelievo di campioni di terre da sottoporre ad analisi granulometrica per la verifica alla liquefazione.

1.4 RIFERIMENTI NORMATIVI

Legge 2 febbraio 1974, n. 64, Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

Legge 10 dicembre 1981, n. 741, Ulteriori norme per l'accelerazione delle procedure per l'esecuzione di opere pubbliche.

Decreto del Ministro dei lavori pubblici 11 marzo 1988, Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

Legge 24 febbraio 1992, n. 225, Istituzione del Servizio nazionale della protezione civile.

Decreto del Ministro dei lavori pubblici 16 gennaio 1996, Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche.

Decreto del Ministro dell'interno 13 Febbraio 2001, Adozione dei Criteri di massima per l'organizzazione dei soccorsi sanitari nelle catastrofi (G.U. n. 116 del 12 maggio 2001).

Decreto legislativo 31 marzo 1998, n. 112, Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle Regioni ed agli Enti locali, in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59.

Decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380, Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia.

Legge 9 novembre 2001, n. 401, Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 7 settembre 2001, n. 343, recante disposizioni urgenti per assicurare il coordinamento operativo delle strutture preposte alle attività di protezione civile.

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 20 marzo 2003, Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" (pubblicata nel Supplemento n. 72 alla Gazzetta Ufficiale n. 105 del 08/05/2003) modificata con ordinanza 3316 e 3431.

Testo ordinanza in 4 articoli:

- Allegato 1: Criteri per l'individuazione delle zone sismiche - Individuazione, formazione e aggiornamento degli elenchi delle medesime zone.

- Allegato 2: Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici.
- Allegato 3: Norme tecniche per il progetto sismico dei ponti.
- Allegato 4: Norme tecniche per il progetto sismico di opere di fondazione e di sostegno dei terreni.

Legge Regionale 07 novembre 2003 n. 27 art. 66, Indicazioni generali per uniformare le procedure di deposito dei progetti in zona sismica 2 e nei Comuni o parti del loro territorio interessati da opere di consolidamento degli abitati.

Ordinanza Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3316 del 2 ottobre 2003. Modifiche ed integrazioni all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003.

Deliberazione della Giunta Regionale del Veneto n. 67 del 03 dicembre 2003. Recepisce i criteri generali dell'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003, ed approva la nuova classificazione sismica dei Comuni del Veneto.

Legge 27 luglio 2004, n. 186, Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 28 maggio 2004, n. 136, Disposizioni urgenti per garantire la funzionalità di taluni settori della pubblica amministrazione. Disposizioni per la rideterminazione di deleghe legislative e altre disposizioni connesse.

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 3 maggio 2005, n. 3431, Ulteriori modifiche ed integrazioni all'O.P.C.M. 20 marzo 2003 n. 3274, recante «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica».

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 28 aprile 2006, n. 3519, Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone (G.U. n.108 del 11/05/2006).

Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 12 ottobre 2007, Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni.

Norme Tecniche per le Costruzioni - Decreto 14/01/2008 del Ministero delle Infrastrutture (GU n.29 del 04/02/2008) e relativa Circolare esplicativa. Con la pubblicazione delle NTC08 vengono recepite molte delle indicazioni normative precedenti e riordinate in un unico codice.

Principali Norme Tecniche di riferimento:

- Capitolo 3 Azioni sulle costruzioni, §3.2 Azione sismica.
- Capitolo 8 Costruzioni esistenti, §8.7 Valutazione e progettazione in presenza di azioni sismiche.
- Allegato A: Pericolosità sismica.
- Allegato B: Tabelle che definiscono l'azione sismica nel territorio italiano.
- Capitolo 7 Progettazione per azioni sismiche (strutture nuove).

Deliberazione della Giunta Regionale del Veneto n. 3308 del 04 novembre 2008, Applicazione delle nuove norme tecniche sulle costruzioni in zona sismica. Indicazioni per la redazione e verifica della pianificazione urbanistica.

Deliberazione della Giunta Regionale del Veneto n. 71 del 22 gennaio 2008 "O.P.C.M. 28.4.2006, n. 3519: "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone. Direttive per l'applicazione". La Giunta Regionale stabilisce di prendere atto dei criteri generali di classificazione allegati all'Ordinanza PCM

3519 del 28 aprile 2006, innovativi rispetto all'OPCM 3274/2003, e della mappa di pericolosità sismica di riferimento, espressa in termini di accelerazione massima al suolo (a_{max}) confermando, comunque, per quanto riguarda gli aspetti amministrativi, la classificazione sismica dei Comuni del Veneto di cui all'Allegato I della deliberazione del Consiglio Regionale n. 67/2003.

Legge 24 giugno 2009, n. 77 Conversione in legge, con modificazioni del decreto legge 28 aprile 2009, n. 39, recante interventi urgenti in favore delle popolazioni colpite dagli eventi sismici nella Regione Abruzzo nel mese di aprile 2009 e ulteriori interventi urgenti di protezione civile.

Decreto n. 69/2010, Linee guida per la realizzazione dello studio di compatibilità sismica per i Piani di Assetto del Territorio Comunali e Intercomunali.

OCDPC n. 52 del 20 febbraio 2013. Contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico per l'anno 2012

DGR n. 1572 del 03 ottobre 2013. Fondo statale per interventi di prevenzione del rischio sismico di cui all'Ordinanza del Capo del Dipartimento della Protezione Civile n. 52 in data 20 febbraio 2013.

Decreto del Capo del Dipartimento della Protezione Civile n. 1431 del 15 aprile 2013, pubblicato nella G.U. del 10 luglio 2013 (L. 77/2009, art. 11).

OCDPC n. 171 del 19 giugno 2014: contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico per l'anno 2013

DGR n. 1896 del 14 ottobre 2014. Attuazione dell'articolo 11 del decreto-legge 28 aprile 2009, n. 39, convertito, con modificazioni, dalla legge 24.06.09, n.77. O.C.D.P.C. 171 del 19 giugno 2014 (G.U. n. 145 del 25 giugno 2014). (L. 77/09, art. 11).

DGR n. 598 del 21 aprile 2015. Fondo statale per interventi di prevenzione del rischio sismico di cui all'Ordinanza del Capo del Dipartimento della Protezione Civile n. 171 in data 19 giugno 2014. Decreto del Capo del Dipartimento della Protezione Civile del 4 agosto 2014, pubblicato nella G.U. del 6 novembre 2014. (L. 77/2009, art. 11).

1.5 ARTICOLAZIONE DELLO STUDIO

Lo studio è organizzato secondo una serie di fasi sequenziali che garantiscono il rispetto delle procedure di acquisizione ed elaborazione dei dati e di restituzione dei risultati.

Il Sistema Informativo Geografico, realizzato secondo gli *Standard di rappresentazione e archiviazione informatica (versione 4.0b, ottobre 2015)*, è servito da collettore di tutte le informazioni esistenti e dei dati di nuova generazione. Nello specifico sono stati organizzati i dati idrogeologici, geologico-stratigrafici, tettonici e geomorfologici provenienti da studi pregressi, anche a carattere provinciale, dallo studio di microzonazione di primo livello e dalle indagini geologico-geofisiche integrative condotte ad hoc per l'analisi di MS di livello II.

È stata quindi condotta una campagna di misura di sismica passiva a stazione singola con tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio – Metodo di Nakamura) e di velocità delle onde S attraverso tecnica ReMi (per la descrizione delle tecniche di misura si vedano le appendici 11.1 e 11.2). Nello specifico sono state eseguite 17 prove HVSR e 5 ReMi sul terreno.

1.6 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

Nel presente capitolo vengono illustrate le principali caratteristiche geomorfologiche, litologiche e idrogeologiche del territorio comunale, in parte riprese dallo studio di Primo Livello precedentemente condotto al quale si rimanda per gli eventuali approfondimenti.

Geomorfologia

Il Comune di Cappella Maggiore presenta tre distinti ambiti geomorfologici: la pianura del f. Meschio, a meridione, facente parte dell'Anfiteatro Morenico di Vittorio Veneto, la dorsale pedecollinare, in parte di origine morenica, che taglia trasversalmente il territorio comunale, con alcuni bassi rilievi nord-orientali e le alluvioni dei Torrenti Friga e Carron.

Rilievi collinari: si tratta di basse colline orientate in senso NW-SE che fanno parte delle propaggini distali dei glacis di Fregona formate da rocce cenozoiche. Il rilievo principale è dato dalla dorsale che costituisce il fianco sinistro dell'Anfiteatro di Vittorio Veneto, sulla quale poggiano depositi glaciali.

Piana del F. Meschio: la pianura del Meschio occupa l'arena dell'anfiteatro di Vittorio e fuoriesce dal varco di Cappella. Si tratta di ghiaie e sabbie ad alta energia, depositate durante l'Ultimo Massimo Glaciale e successivamente ricoperte da gettate torrentizie appartenenti all'Olocene superiore.

Piana dei Torrenti Friga e Carron: è formata dai depositi pedemontani dei due torrenti, con termini granulari più fini in superficie e più grossolani in profondità.

Litologia

La sintesi riguardante i terreni costituenti il sottosuolo del territorio comunale è la seguente (Fonte: Relazione geologica MS I livello, maggio 2013)

Litologia del substrato

Rocce tenere prevalenti con interstrati o bancate resistenti subordinate, rappresentate da rocce arenacee e argillose, marne, argille siltose e siltiti a stratificazione poco distinta debolmente cementate e facilmente erodibili e degradabili: si tratta di un insieme di rocce costituite da vari termini, alternanti in maniera a volte non regolare. Si passa da argille marnose, a siltiti ed arenarie marnose, ad argille; localmente compaiono lenti conglomeratiche di limitata estensione. La loro giacitura generale non è facilmente rilevabile in campagna e, spesso, risultano in larga parte mascherate sotto i terreni della copertura quaternaria. Localmente appaiono stratificate in grossi banchi, di colore grigio, variamente cementate in quelli arenacei. Danno luogo ad evidenti processi di alterazione superficiale ed a fenomeni di deformazione plastica gravitativa. Anche se appartenenti ad un'unica formazione, gli ammassi rocciosi locali si possono suddividere secondo due differenti ambiti: le rocce poste nella porzione Ovest del settore collinare del Comune, con prevalente composizione argilloso - marnoso; le rocce poste nella porzione Est del settore collinare del Comune, con prevalente composizione arenacea. Si evidenziano poi argille marnose e ridotte lenti conglomeratiche.

Materiali sciolti di copertura

I materiali sciolti di copertura possono essere suddivisi in materiali morenici, materiali della copertura detritica colluviale ed eluviale, materiali fluvioglaciali ed alluvionali e materiali di riporto.

Materiali di accumulo morenico grossolani formati da ghiaie e ciottoli con blocchi in matrice sabbiosa e limosa, stabilizzati: sono presenti in una fascia del Comune, sulla sommità delle porzioni centrale e meridionale della dorsale che procede da Anzano a Cappella Maggiore, ove si riscontra uno stretto deposito morenico ghiaioso – sabbioso - limoso, con una potenza di pochi metri. Questi

depositi rappresentano le cerchie moreniche laterali dell'anfiteatro morenico di Vittorio Veneto, formatosi ad opera del ramo sinistro del ghiacciaio del Piave, che scendeva dalla Valle Lapisina.

Materiali della copertura detritica colluviale ed eluviale poco addensati e costituiti da limi argillosi con ciottoli sabbia fine e limo e con subordinate inclusioni sabbioso – ghiaiose: sono i depositi posti a ridosso del bordo meridionale delle colline, costituiti dai materiali argilloso - ghiaiosi di alterazione del substrato roccioso argilloso – marnoso – arenaceo, probabilmente a maggior componente ghiaiosa nel settore orientale dell'area. Questi depositi sembrano mescolarsi con le alluvioni delle piccole conoidi in prossimità del piede collinare. Di composizione eterogenea e variabile, essi divengono progressivamente più argillosi avvicinandosi al rilievo.

Materiali dei terrazzi fluviali e/o fluvioglaciali antichi e di conoide a tessitura prevalentemente ghiaiosa e sabbiosa con cappello superficiale di alterazione in modestissima spessore più o meno ferrettizzato: questi si ritrovano principalmente nella porzione ovest del comune. Sono costituiti da ghiaie deposte durante la glaciazione würmiana con limitato cappello superficiale di alterazione di colore tipicamente rosso-bruno. Ad est, al passaggio con i depositi fini della zona a ridosso delle colline, si nota un aumento della copertura recente e, in profondità, si riscontrano alternanze con lenti o livelli a granulometria fine. Procedendo ancora più in profondità, si evidenziano locali livelli di conglomerato, legati a processi di cementazione delle ghiaie quaternarie.

Materiali alluvionali e fluvioglaciali a tessitura prevalentemente sabbiosa in spessore di pochi metri su ghiaie variamente sabbiose: lateralmente ed in continuità con i materiali fluvioglaciali si riscontrano materiali sabbiosi, sabbioso limosi e limoso argillosi con spessore variabile. La copertura è generalmente fine ed è legata agli apporti alluvionali verificatisi dal postglaciale ad oggi grazie alle acque provenienti dalle colline, che progressivamente e con la riduzione della pendenza, abbandonavano la parte solida. La copertura presenta uno spessore variabile che aumenta da circa 0,5 ÷ 1 m, fino a pochi metri in direzione delle colline. Localmente, accanto alla sabbia più o meno limosa, sono presenti superficialmente elementi ghiaiosi. Ove lo spessore della copertura è maggiore, si riscontrano lenti e letti argillosi, in genere di limitato spessore e, a profondità variabile, si rinvenivano le ghiaie.

Materiali sciolti di alveo fluviale recente, stabilizzati dalla vegetazione, di natura prevalentemente ghiaioso - sabbiosa: entro il greto dei torrenti Friga e Carron e nelle fasce immediatamente adiacenti si riscontrano superficialmente ghiaie e ciottoli con sabbia o ghiaie e ciottoli sabbiose. I materiali grossolani sono arrotondati, freschi o poco alterati, a prevalente composizione arenacea e calcarea, da sciolti a variamente addensati. Il substrato argilloso – marnoso che sovrastano, si pone a profondità variabili, comunque dell'ordine di alcuni metri. Essi sono stati interpretati come sabbie ghiaiose ben assortite, presumendo una copertura prevalentemente ciottolosa di scarso spessore.

Materiali di riporto di spessore significativo: sono materiali inerti di varia provenienza disposti in due discariche, nella zona di Borgo Gobbi e di Borgo Campagnole, non caratterizzabili univocamente dal punto di vista sismico per la loro genesi e le loro caratteristiche di eterogeneità.



Figura 1 - Legenda della Carta Litologica del PAT del comune di Cappella Maggiore.

Idrografia

Il territorio comunale è attraversato dai principali corsi d'acqua permanenti costituiti da T. Friga, T. Carron, F. Meschio e Ruio Callalta. Una rete idrografica minore, pedecollinare, presenta caratteri effimeri con periodi di inaridimento connessi all'infiltrazione nel sottosuolo dell'alta pianura.

Idrogeologia

Settore pedemontano: la circolazione sotterranea è limitata a piccole falde superficiali ospitate nelle coperture, mentre limitata o assente è la circolazione nel substrato roccioso.

Fascia di transizione tra le colline e pianura: sono presenti limitate e discontinue falde superficiali, presenti entro intercalazioni lentiformi (sabbie e ghiaie).

Pianura: nei settori più prossimi al rilievo lo spessore dei sedimenti è limitato, mentre aumenta allontanandosi dai versanti. Si rinvenivano sedimenti sabbioso-ghiaiosi che ospitano una falda freatica libera, indifferenziata e continua; talora sono presenti falde sospese su lenti impermeabili.

La soggiacenza della falda è mediamente compresa entro i 10 m dal p.c.; localmente, risulta inferiore e compresa entro i 5 m.

1.7 ITHACA - CATALOGO DELLE FAGLIE CAPACI

L'Italia è una delle zone più attive del Mediterraneo, in termini di tettonica attiva e sismicità. Molti terremoti storici hanno avuto effetti catastrofici (ad esempio: i terremoti del 1693 in Sicilia

orientale, 1783 in Calabria, 1805 a Bojano, 1908 a Messina e 1915 nel Fucino) raggiungendo intensità MCS di XI grado (Magnitudo circa o leggermente superiore a 7). Studi paleosismologici hanno consentito di caratterizzare le faglie responsabili di molti di questi terremoti, dimostrando che le dislocazioni tardo pleistoceniche-oloceniche hanno interessato molte strutture prima considerate silenti.



Figura 2 - Carta estratta per il Comune di Cappella Maggiore (DB ITHACA, Portale del Servizio Geologico d'Italia – Ispra).

Il Servizio Geologico d'Italia - ISPRA ha sviluppato il progetto ITHACA (*Italy HAzard from Capable faults*) che prevede la realizzazione di un database creato per la raccolta e la facile consultazione di tutte le informazioni disponibili riguardo le strutture tettoniche attive in Italia, con particolare attenzione ai processi tettonici che potrebbero generare rischi naturali. Il progetto si occupa in modo particolare delle faglie capaci, definite come faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie (<http://www.isprambiente.gov.it/it/banche-dati/suolo-e-territorio>).

La sua consultazione all'interno del GeoMap Viewer del geoportale ISPRA avviene attraverso un servizio che permette l'interrogazione della banca dati sia geografica che alfanumerica, mettendo a disposizione dell'utente una serie di schede web.

Nel comune di Cappella Maggiore, all'interno del database ITHACA, è presente una faglia capace inversa con direzione Ovest - Est (Cod. 70301). Nella tabella riportata di seguito sono indicate le informazioni desunte dalla scheda specifica ITHACA di tale lineamento.

Nome faglia	Cansiglio
Tipo Faglia	Inversa
Codice faglia	70301
Macrozona	0
Regione	Veneto
Sistema	Linea di Aviano
Ordine	-
Direzione media	240
Immersione	NW
Lunghezza (km)	-
Profondità (km)	-
Ultima attività (anni)	-
Affidabilità dato sull'attività	-
Intervallo ricorrente (anni)	-
Velocità di slittamento (mm/anno)	-
Massima lunghezza attesa di rottura	-
Massimo scivolamento atteso (m)	-
Qualità dello studio	-
Studio	Galadini et al. (2005)

Tabella 1 – Scheda Ithaca

1.8 SISMICITÀ DEL COMUNE DI CAPPELLA MAGGIORE

1.8.1 Zonazione sismica

Secondo la zonazione sismica del territorio nazionale (OPCM 3519 del 28 aprile 2006), recepita dalla Regione Veneto con la Deliberazione del Consiglio Regionale del Veneto n. 67 del 3 dicembre 2003, il Comune di Cappella Maggiore ricade nella seguente zona sismica:

Zona sismica 2 Zona che può essere soggetta a forti terremoti.

Zona sismica	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g)
1	$a_g > 0.25$
2	$0.15 < a_g \leq 0.25$
3	$0.05 < a_g \leq 0.15$
4	$a_g \leq 0.05$

Tabella 2 - A_g relativa alle quattro zone sismiche (OPCM 3519/06).

1.8.2 Database Macrosismico Italiano (versione DBMI11).

I dati relativi alla sismicità storica di Cappella Maggiore fanno riferimento al Database Macrosismico Italiano (versione DBMI11) realizzato a cura dell'INGV. Si tratta della terza versione pubblica che raccoglie le osservazioni emerse nella finestra temporale 1000-2006.

Il database macrosismico DBMI11 riporta per il comune di Cappella Maggiore le intensità segnalate in occasione di 5 terremoti con particolari intensità registrate nei terremoti del 1873

(Bellunese) e del 1936 (Bosco Cansiglio). Gli epicentri più prossimi sono riferiti a Sarmede, Montaner, Fregona e Colle Umberto.

La massima intensità rilevata da dati storici è pari a 7-8.

Effetti	In occasione del terremoto del:			
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
7	1873 06 29 03:58	Bellunese	199	9-10 6.32 ±0.11
7-8	1936 10 18 03:10	BOSCO CANSIGLIO	267	9 6.12 ±0.09
4	1952 01 18 01:36	POLCENIGO	108	5 4.57 ±0.18
NF	1987 05 02 20:43	Reggiano	802	6 4.74 ±0.09
3-4	2004 07 12 13:04	Alpi Giulie	366	5.19 ±0.09

Tabella 3 - Storia Sismica di Cappella Maggiore da DBMI11. Legenda: I=Intensità al sito (MCS); Ax=Area dei maggiori effetti; Np=Numero di osservazioni macrosismiche del terremoto; Io=Intensità epicentrale (MCS); Mw=Magnitudo.

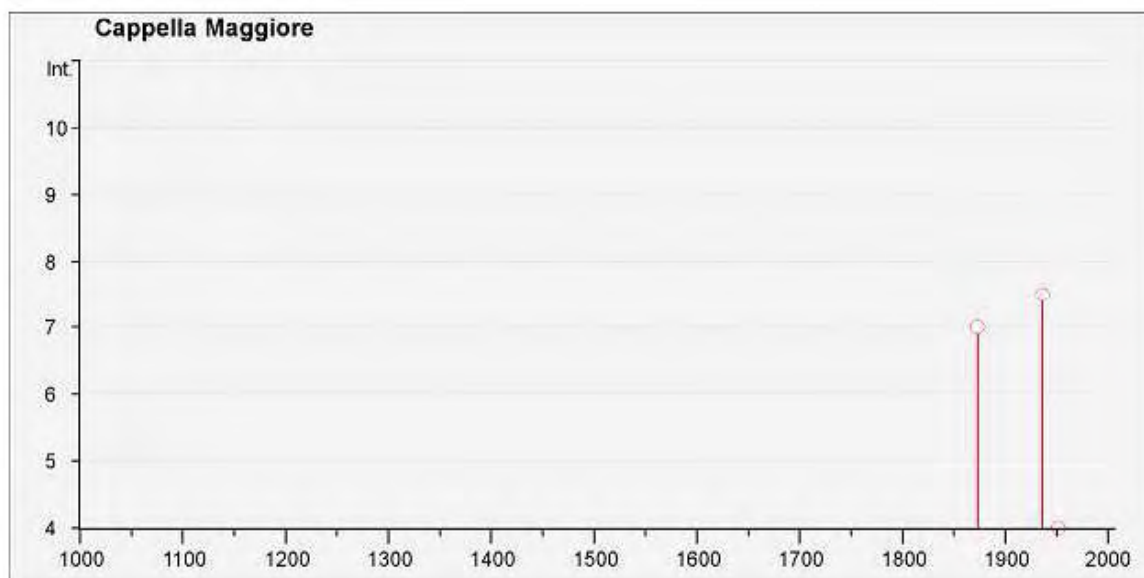


Figura 3 – Diagramma intensità – tempo dei terremoti avvertiti a Cappella Maggiore da DBMI11.

Località vicine (within 10km)			
Località	Stato	NMD	Distanza
Caneva	IT	12	6km
Ceneda	IT	3	5km
Colle Umberto	IT	9	4km
Cordignano	IT	11	5km
Fregona	IT	11	4km
Godega di Sant'Urbano	IT	8	5km
Montaner	IT	4	3km
Orsago	IT	8	7km
San Fior (di Sopra)	IT	6	5km
San Vendemiano	IT	6	9km
Sarmede	IT	17	2km
Sarone	IT	3	8km
Stevenà	IT	3	6km
Tarzo	IT	5	10km
Vittorio Veneto [Vittorio]	IT	29	5km

Tabella 4 – Località entro 10 km da Cappella Maggiore (DBMI11)

1.8.3 Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (versione CPTI11).

Si tratta della versione più aggiornata del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani realizzato da Rovida *et al.* (2011). Il data base è stato concepito come catalogo di consenso per unificare e omogeneizzare, attraverso procedure di stima dei parametri uguali per tutti i terremoti, tutte le informazioni disponibili sui terremoti italiani. Il catalogo copre la finestra temporale relativa agli anni 1000-2006.

Di seguito si riportano i dati di dettaglio relativi ai terremoti pertinenti Cappella Maggiore, già individuati attraverso il DBMI11.

1873 06 29 03:58 Bellunese									
	Lat	Lon	Prof.	Io	Mw	TMw	Rt	Np	Imax (MCS)
CPTI11	46.159	12.383			6.32 ± 0.11	Mdm			
macrosismico	46.159	12.383		9-10	6.32 ± 0.11	Bx	Guidoboni <i>et al.</i> , 2007	199	9-10

1936 10 18 03:10:12 Bosco Cansiglio									
	Lat	Lon	Prof.	Io	Mw	TMw	Rt	Np	Imax (MCS)
CPTI11	46.089	12.380			6.12 ± 0.09	Wmim			
macrosismico	46.089	12.380		9	6.12 ± 0.09	Bx	Barbano <i>et al.</i> , 1986	267	9

strumentale					5.81 ± 0.37	Reg1			
-------------	--	--	--	--	-------------	------	--	--	--

1952 01 18 01:36 Polcenigo									
	Lat	Lon	Prof.	Io	Mw	TMw	Rt	Np	Imax (MCS)
CPTI11	45.995	12.542			4.57 ± 0.18	Wmim			
macrosismico	45.995	12.542		5	4.48 ± 0.22	Bx	Iaccarino & Mol., 1978	108	5
strumentale					4.86 ± 0.37	Reg1			

1987 05 02 20:43:53 Reggiano									
	Lat	Lon	Prof.	Io	Mw	TMw	Rt	Np	Imax (MCS)
CPTI11	44.801	10.694			4.74 ± 0.09	InsO			
macrosismico	44.797	10.697		6	5.09 ± 0.09	Bx	Arch.Mac.GNDT, 1995	802	6
strumentale	44.801	10.694			4.74 ± 0.09	MT	GdL CSTI, 2005		

2004 07 12 13:04:06 Alpi Giulie									
	Lat	Lon	Prof.	Io	Mw	TMw	Rt	Np	Imax (MCS)
CPTI11	46.310	13.620			5.19 ± 0.09	InsO			
strumentale	46.310	13.620	11.00		5.19 ± 0.09	MT	Cecic <i>et al.</i> , 2005		

Tabella 5 – Dati tabellari relativi ai terremoti di Cappella Maggiore (CPTI11).

1.8.4 Carta della sismicità in Italia dal 2000 al 2012

La carta illustra la distribuzione degli ipocentri di circa 50.000 terremoti avvenuti tra il 2000 e il 2012 in Italia e registrati dalla Rete Sismica Nazionale dell'INGV, classificati e tematizzati in base alla magnitudo (4 classi) e alla profondità ipocentrale (5 classi).

Nell'Italia peninsulare la sismicità è concentrata lungo la catena Appenninica. In Italia settentrionale i terremoti sono avvenuti principalmente lungo le Prealpi Orientali, in Pianura Padana e lungo l'Appennino Tosco-Emiliano, dove si osserva la presenza di sismicità anche ad una profondità maggiore.

In questo intervallo di tempo i terremoti più forti si sono verificati in Abruzzo nel 2009 e in Emilia Romagna nel 2012. Sono almeno cinque le sequenze sismiche più importanti che hanno interessato il territorio italiano: 6 settembre 2002, ML5.6, evento in Mar Tirreno a circa 40 km a nord di Palermo; 31 ottobre, ML5.4, e 01 novembre 2002, ML5.3, due eventi in Molise; 06 aprile 2009, un terremoto, ML5.9, a L'Aquila e altri 5 eventi di ML≥5.0 in aprile 2009 in Abruzzo; 20 maggio 2012, un terremoto, ML5.9, ed altri 6 eventi di ML≥5.0 tra maggio e giugno 2012 in Emilia Romagna; 25 ottobre 2012, un terremoto, ML5.0, nel Pollino, dove dal 2010 al 2012 si sono verificati circa 3700 eventi.

Per quanto riguarda l'area di studio, la maggior parte della sismicità ha avuto una magnitudo Richter inferiore a 3.0 ed è localizzata nella crosta terrestre prevalentemente al di sopra dei 15 km.

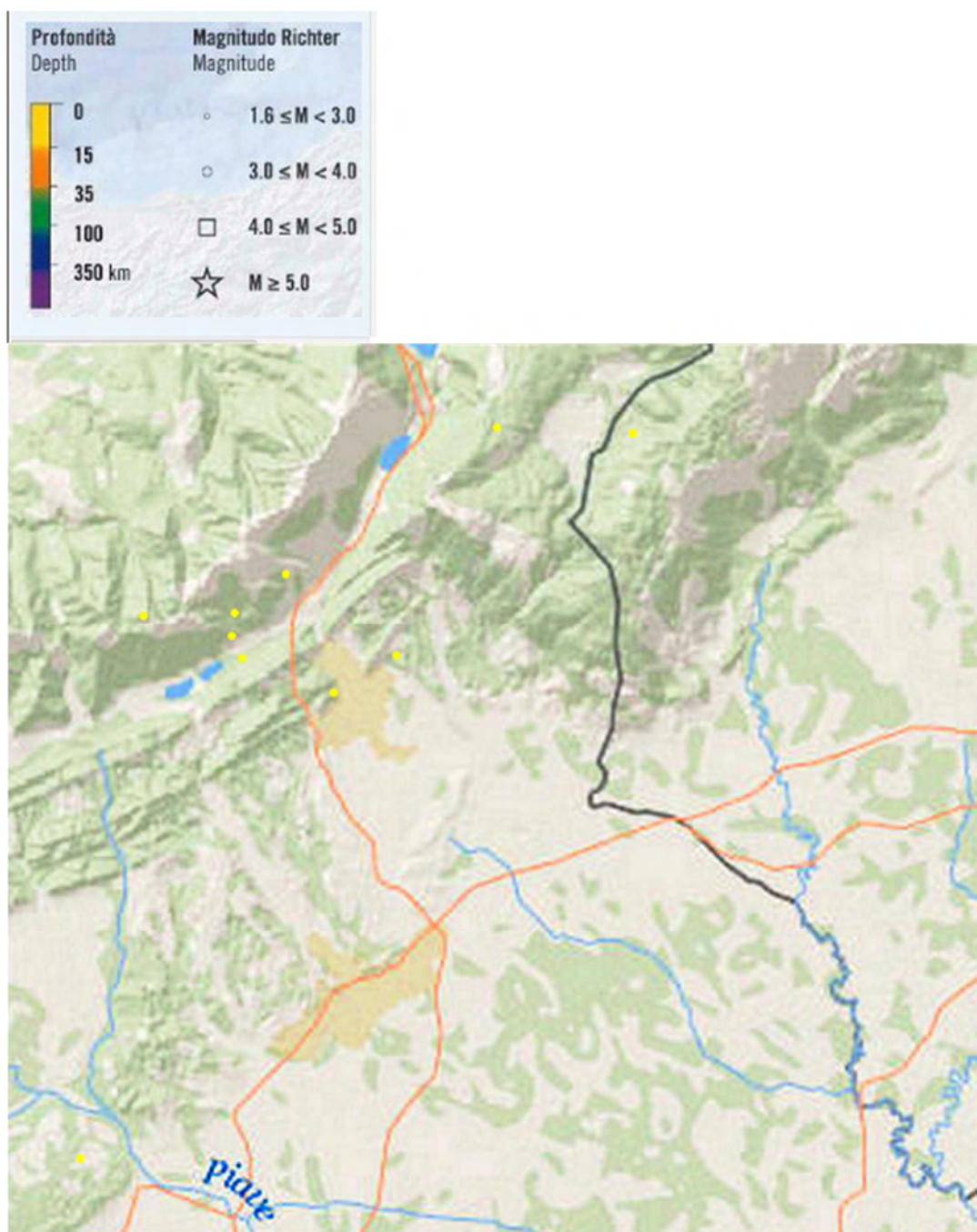


Figura 4 - Carta della sismicità in Italia dal 2000 al 2012. Dettaglio dell'area di studio.

1.8.5 Database of Individual Seismogenic Sources (DISS. 3.2)

Questo catalogo, pubblicato on line nella sua versione 3.2., raccoglie le informazioni sulle sorgenti sismogenetiche italiane, suddividendole in *zone sismogenetiche* che abbiano omogeneità dal punto di vista sismico e tettonico.

Il data base fa riferimento a Basili *et al.* (2008) e al DISS Working Group (2010).

Il DISS 3.2. individua nel distretto Alpago-Cansiglio la porzione orientale della sorgente sismogenetica composita ITCS060 Montebelluna-Montereale che si estende dallo sbocco in pianura del fiume Piave a quello del torrente Cellina; di questa struttura composita fanno parte le sorgenti individuali del Cansiglio (ITIS124), cui è stato associato il terremoto del Cansiglio del 18 ottobre

1936, $M_W=5,9$, e la sorgente individuale di Polcenigo-Montereale (ITIS125), cui è stato associato il terremoto del Bellunese del 1873, $M_W=6,33$.

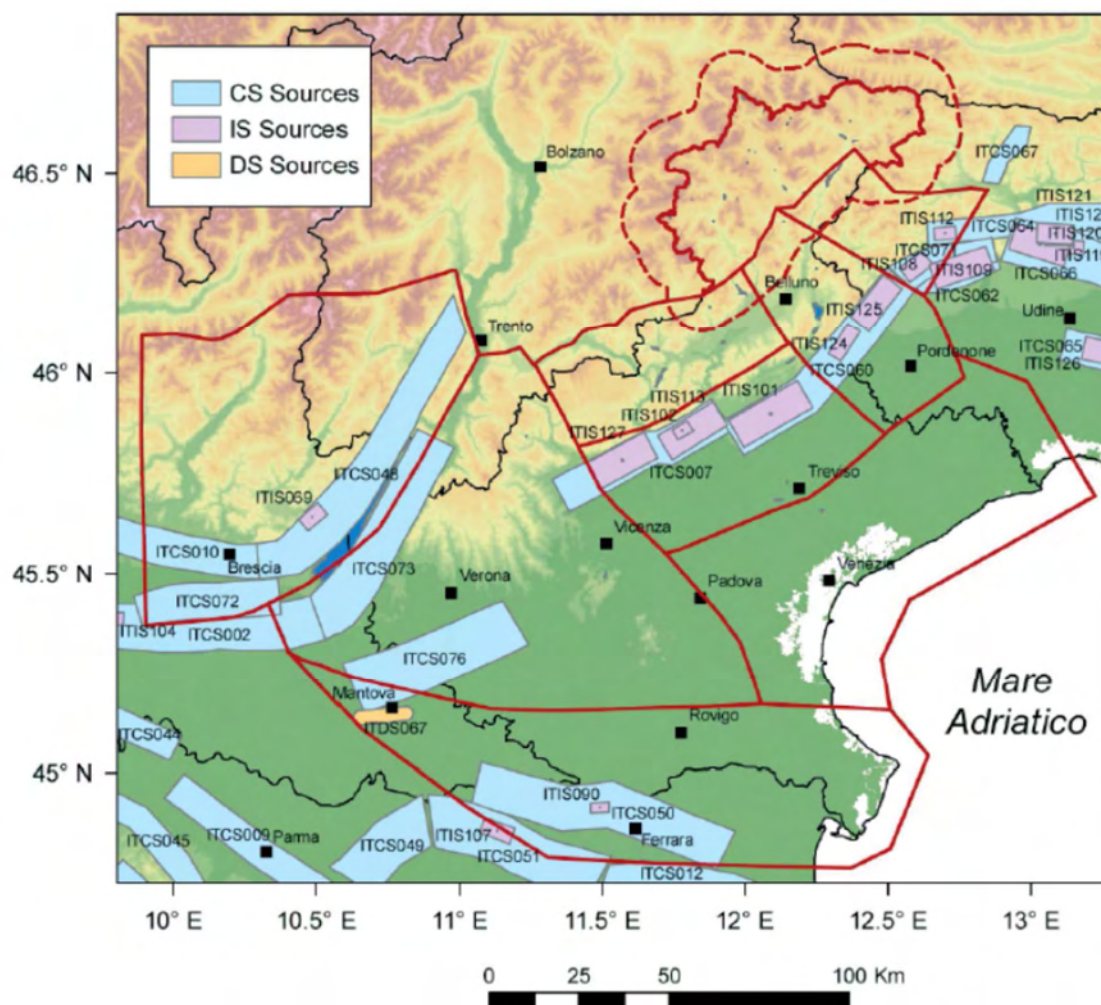


Figura 5 - Sorgenti sismogenetiche (DISS Working Group, 2010). Legenda= CS sources = sorgenti composite; IS Sources= sorgenti individuali; DS sources: sorgenti controverse (da Segan e Peruzza, 2011).

2 Dati geotecnici e geofisici

2.1 FONTI DEI DATI PREGRESSI

Al fine di delineare il quadro geologico complessivo, sottoposto ad integrazione con ulteriori indagini geofisiche dedicate, sono state raccolte, esaminate e rielaborate in chiave sismica tutte le informazioni fornite dal PAT, utilizzando in particolare la carta geo-litologica, geomorfologica e idrogeologica. Inoltre, si è fatto riferimento alla relazione geologica descrittiva ripresa anche nella relazione di microzonazione sismica di I livello. Quest'ultima ha inoltre fornito informazioni relativamente all'identificazione delle Faglie capaci (data base ITHACA, ITaly HAZard from CAPable faults) e delle sorgenti sismogeniche (DISS 3.1.1, Database of Individual Seismogenic Sources – DISS Version 3). Ai fini dello studio delle FAC è stata utilizzata la Carta Geologica della Provincia di Treviso alla scala 1:10.000.

È stata inoltre consultata tutta la bibliografia edita e i materiali inediti disponibili e utilizzati i dati reperibili nelle banche dati dei portali web regionali e nazionali.

2.2 IL PIANO DELLE MISURE GEOFISICHE INTEGRATIVE

Al fine di caratterizzare dal punto di vista sismico i terreni dell'area indagata, sono state condotte alcune misure geofisiche in prossimità dei punti ritenuti più significativi. In particolare, sono state effettuate:

- 17 registrazioni di rumore sismico ambientale a stazione singola con elaborazione H.V.S.R. (Horizontal to Vertical Spectral Ratio – Metodo di Nakamura) per individuare le frequenze di risonanza dei depositi;
- 5 misure sismiche con tecnica ReMi (Refraction Microtremors) per la determinazione del profilo di velocità di propagazione delle onde S.

La scelta dei punti d'indagine è stata operata con l'obiettivo di definire al meglio le condizioni stratigrafiche e la potenziale amplificazione sismica locale dovuta alle coperture. L'ubicazione delle misure effettuate viene riportata nell'apposita tavola allegata fuori testo.

3 Microzonazione Sismica di Secondo Livello

Gli studi di microzonazione sismica di secondo livello si applicano a tutte le parti del territorio suscettibili di amplificazione sismica individuati negli studi di primo livello e per le quali si prevedono trasformazioni urbanistiche del territorio o incremento dei carichi urbanistici, per il territorio compreso nel perimetro del centro abitato e lungo le fasce delle nuove reti infrastrutturali.

L'obiettivo del secondo livello di analisi è di compensare le incertezze del primo livello con approfondimenti conoscitivi e fornire quantificazioni numeriche, con metodi semplificati (abachi e leggi empiriche), della modificazione locale del moto sismico in superficie e dei fenomeni di deformazione permanente.

Il risultato fondamentale del secondo livello è la Carta di Microzonazione Sismica ottenuta associando la quantificazione numerica degli effetti, alle parti del territorio suscettibili di amplificazione sismica.

Per quanto concerne il Comune di Cappella Maggiore, lo studio di Microzonazione di Secondo Livello è stato effettuato, secondo le indicazioni dell'Amministrazione e su richiesta del Genio Civile (nota n. 538344/70.07.14.00.00 del 16 dicembre 2014), in corrispondenza delle cinque aree residenziali di espansione e dei lotti di maggiori dimensioni (H6) o collegati tra di loro (H3/H4/H5, H11/H12, H15/H16/H17, H19/H20, H22/H23, H24/H25, H26/H27, H36/H37, H38/H39, H41/H42, H46/H47). Tali aree sono state definite nell'ambito della variante 5 del Piano degli Interventi comunale. Lo studio è stato inoltre esteso ai centri abitati e ai nuclei urbanizzati più importanti.

L'ubicazione dei lotti in carta è rappresentata nella figura alla pagina successiva.

Lo studio di approfondimento è stato condotto attraverso una rete di misure HVSR e di Vs con tecnica ReMi. L'obiettivo era la quantificazione numerica degli effetti per gli scenari P4 attraverso la stima dei fattori di amplificazione F_a e F_v . I valori dei fattori di amplificazione consistono nei valori di F_a , fattore di amplificazione a basso periodo, e di F_v , fattore di amplificazione a periodo proprio. Il primo corrisponde al fattore di amplificazione determinato intorno al periodo proprio per il quale si ha il massimo della risposta in accelerazione. Il secondo corrisponde al fattore di amplificazione a periodo proprio per il quale si ha la massima risposta in pseudovelocità.

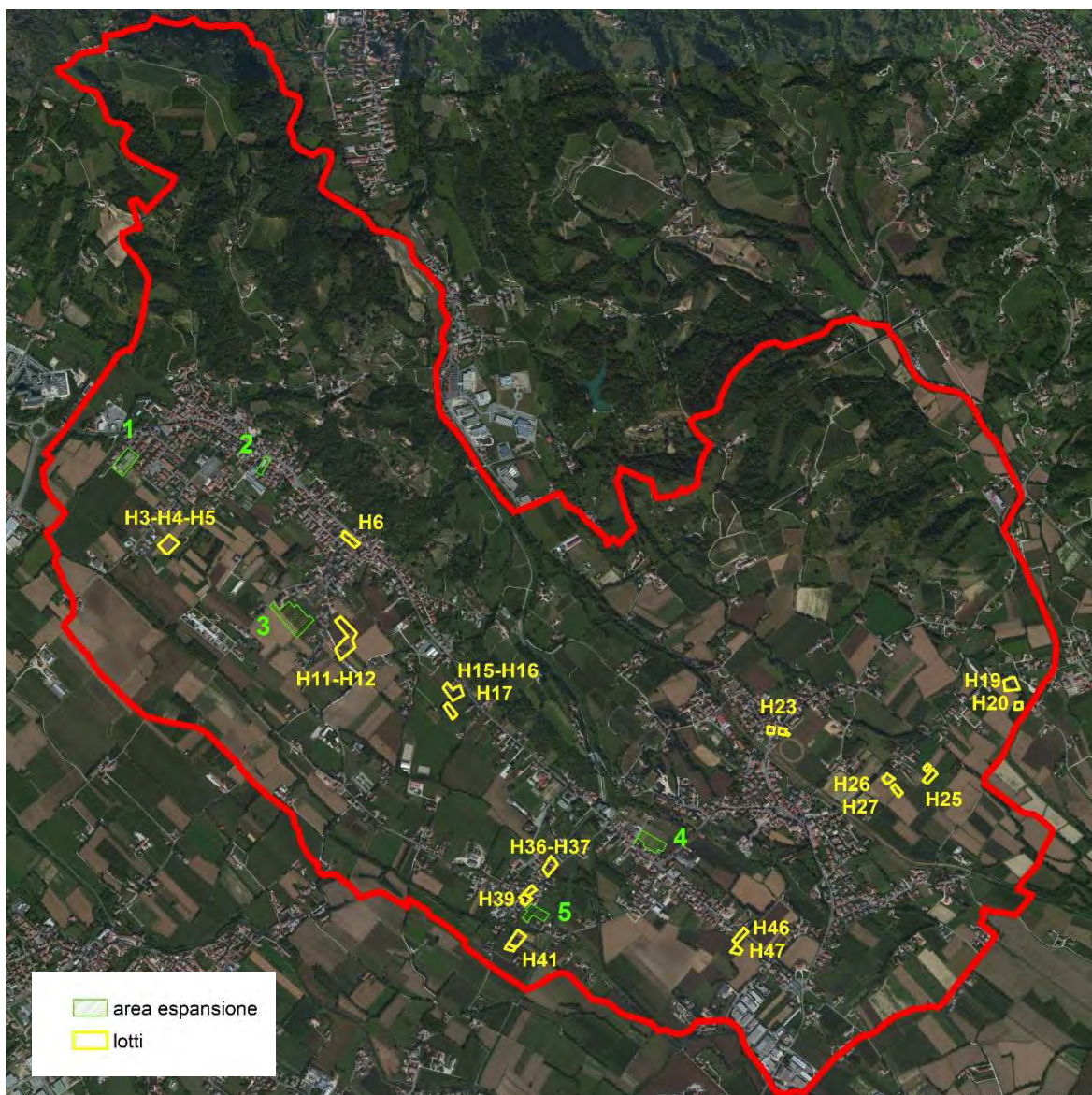


Figura 6 – Lotti e aree di espansione urbanistica.

3.1.1 Determinazione dei valori di F_a e F_v

Sono state condotte misure integrative di V_s in corrispondenza di ciascun sito, integrate da altre misure HVSR sia in corrispondenza dei siti che nel loro intorno per definire con maggior accuratezza il campo di velocità delle onde S.

L'ubicazione delle indagini sismiche è riportata nella Carta delle Indagini (CI_15131_20151112_T01_00) e nella Carta della Microzonazione Sismica di Livello II (MS2_15131_20151112_T02_00).

Il fine dell'approfondimento al livello 2 era quello di verificare ed eventualmente applicare la procedura prevista alle Linee guida nazionali (ICMS 2009) per fornire una stima della risposta sismica locale in termini di fattori di amplificazione topografica e litostratigrafica. Poiché nel secondo caso la procedura è valida per le modificazioni del moto sismico indotte dalle specifiche caratteristiche litostratigrafiche locali e non tiene conto degli effetti topografici, degli effetti 2D e di eventuali aggravamenti del moto dovuti a deformazioni permanenti, si è ritenuto opportuno procedere

con una verifica della risposta sismica locale (approfondimento di III Livello) nei 5 siti di espansione urbanistica per escludere la possibile perturbazione indotta da irregolarità morfologiche sepolte, da effetti di valle o da assetti stratigrafici che si discostino dalle condizioni monodimensionali previste dalla teoria. Infatti, gli abachi possono essere impiegati solo in presenza di un'architettura geologica e geotecnica assimilabile a un modello fisico monodimensionale, cioè a n strati piani, orizzontali, paralleli, continui, di estensione infinita, omogenei, a comportamento viscoelastico, con strati che giacciono sul basamento sismico (bedrock).

Per l'allestimento della Carta di Microzonazione Sismica di Secondo Livello si sono adottati gli *Abachi di riferimento per gli effetti litostratigrafici (livello 2)* previsti dalle ICMS 2008.

Per l'applicazione degli abachi si è proceduto nel modo seguente:

- è stata condotta una stima della profondità del substrato sismico sulla base dei dati ottenuti dai profili di V_{sh} e dalla ricostruzione ipotetica del substrato litologico sottostante i depositi alluvionali (si è assunto che la superficie del bedrock avesse la medesima geometria dei versanti fino ad almeno 150 di profondità). Si segnala che non erano disponibili per il territorio comunale un numero sufficientemente rappresentativo di indagini geognostiche attraverso il quale costruire un modello geologico affidabile. E' stata quindi applicata la correzione tabellare ai valori di V_{s30} (velocità equivalente nei primi 30 m) trasformandoli in V_{sh} (velocità equivalenti su tutto lo spessore del deposito); di tali semplificazioni e ricostruzioni induttive si dovrà tenere debitamente conto;
- considerando un profilo di velocità delle onde S variabile linearmente con pendenza intermedia fra costante e massima, si sono utilizzati gli abachi pertinenti alle ghiaie, sabbie o argille (a seconda dell'area interessata dalle misure), utilizzando valori di accelerazioni di picco al suolo di 0.26g (media sismicità). La scelta del tipo di profilo è stata fatta sulla base delle conoscenze specifiche ottenute con gli approfondimenti di livello 2 e sulla considerazione che in generale quando lo spessore di sottosuolo diventa considerevole (diverse decine di metri), è poco probabile che il profilo di velocità si mantenga costante, ed è quindi preferibile orientarsi verso le tabelle riferite al profilo variabile linearmente con pendenza intermedia;
- si è quindi ottenuta la stima dei fattori di amplificazione F_a e F_v per ciascun settore investigato; si tenga presente che le zone stabili sono rappresentate sempre da un'amplificazione di classe 1.0. Le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali sono invece comprese in classi di fattori di amplificazione. Quando dalle analisi sviluppate con gli abachi o attraverso simulazioni numeriche sono state riscontrate deamplificazioni, per convenzione è stato attribuito alla microzona un valore uguale a 1.0;
- sono stati cartografati i valori di F_a che sono stati interpolati attraverso una procedura di *Natural Neighbour Interpolation* realizzando la *Carta della Microzonazione Sismica di Secondo Livello* che interessa tutti i centri abitati del territorio comunale, le aree di espansione e i lotti aggregati.

Per comprendere anche le limitazioni di tale approccio si tenga conto che gli abachi allegati alle ICMS 2008 sono realizzati sintetizzando i risultati di analisi numeriche mono-dimensionali di propagazione delle onde sismiche di taglio. Tali analisi sono di tipo non lineare equivalente e sono condotte su un modello di sottosuolo costituito da terreni stratificati orizzontalmente, poggianti su

un semispazio. Più l'assetto geologico locale si discosta dalle condizioni monodimensionali e minore sarà l'affidabilità delle stime di valore di F_a e F_v .

3.1.2 Effetti topografici

Tenuto conto che il settore investigato è attraversato da una cresta collinare, in parte morenica, che rientra nei casi previsti di amplificazione topografica, la carta è stata integrata attraverso l'impiego degli *Abachi di riferimento per gli effetti topografici (livello 2) (ICMS 2008)*.

Tali abachi sono utilizzabili per il calcolo di fattori di amplificazione (F_a) per le zone di cresta e/o cucuzzolo (scenario P3b di cresta e/o cocuzzolo). Sono da considerare creste quelle situazioni che presentano il dislivello altimetrico minimo (h) maggiore od uguale a un terzo del dislivello altimetrico massimo (H) ed inclinazione dei versanti maggiore o uguale a 15° . Tale criterio era rispettato per la collina di Cappella Maggiore.

In base alle caratteristiche della cresta, così come riportato nell'abaco relativo, si distinguono:

- CRESTE APPUNTITE: rilievi caratterizzati da una larghezza in cresta (l) molto inferiore alla larghezza alla base ($l < 1/3 L$).
- CRESTE ARROTONDATE: rilievi caratterizzati da una larghezza in cresta paragonabile alla larghezza alla base, ovvero pari ad almeno $1/3$ della larghezza alla base ($l \geq 1/3 L$); la zona di cresta è pianeggiante o sub pianeggiante con inclinazioni inferiori a 10° (β_1 e $\beta_2 < 10^\circ$).

Per i caratteri geometrici misurati la cresta è stata classificata come "appuntita", con parametro H/L prevalente > 350 m. Il settore orientale passa progressivamente a $350 > H/L > 250$ e $250 > H/L > 150$. Sono stati quindi utilizzati gli abachi di correlazione $H/F_{a0.1-0.5}$.

I fattori di amplificazione massimi sono risultati variabili da $F_a 1.1$ a $F_a 1.2$ lungo l'asse della fascia di cresta.

Si osservi che gli Standard di Rappresentazione e Archiviazione informatica stabiliscono che la classe di amplificazione uguale a 1 comprende anche le zone con de-amplificazione e con amplificazioni fino a 1.04. (figura 1.1.4.1-1, Standard 4.0b e nota 13 a pagina 32).

Il massimo valore di amplificazione topografica calcolato sulla scorta degli abachi riportati nelle linee guida nazionali per il ciglio della scarpata o per la cresta deve essere scalato fino a raggiungere il valore unitario alla base della scarpata o del versante (Linee guida per l'esecuzione di studi di microzonazione sismica, Regione Veneto, pag. 42). Ne discende che, in assenza di amplificazioni stratigrafiche connesse a pendii in terra, la base del versante sarà contraddistinta da una fascia con parametro di amplificazione pari a 1 (che comprende tutti i valori inferiori o uguale a 1.04).

3.1.3 Liquefazione

Il pericolo di liquefazione deve essere accertato in base alla possibilità di concomitanza di fattori scatenanti (caratteristiche dei terremoti attesi) e predisponenti (suscettibilità dei terreni).

Secondo le *Linee Guida (DGR 1572/2013)* della Regione Veneto la suscettibilità del terreno deve essere valutata sulla base di prove in sito (SPT e/o CPT e/o prove geofisiche in foro) investigando un numero di verticali adeguato all'estensione dell'area di indagine. Dovrà essere determinata con appropriate rilevazioni anche l'entità delle fluttuazioni dei livelli di falda e nelle analisi dovrà essere considerata la condizione meno cautelativa.

Nelle verticali esplorate la stima del potenziale di liquefazione necessita del valore di a_{max} alla superficie del deposito ottenuto mediante analisi della risposta sismica locale. Tuttavia, l'analisi

della risposta sismica locale può essere omessa, nella fase di Secondo Livello, utilizzando la pga di sito ottenuta con la procedura di secondo livello per la valutazione degli effetti litologici.

Le linee guida nazionali prevedono che le *zone suscettibili di instabilità* della Carta di MS di Livello 2 siano la riproduzione fedele di quelle riportate nella Carta delle MOPS ovvero le Zone di Attenzione (ZA), in quanto in questo Livello non si richiedono ulteriori approfondimenti.

Si rimanda agli approfondimenti di III Livello la verifica alla liquefazione dei terreni.

4 Metodologie di elaborazione e risultati

4.1 INDAGINI GEOFISICHE INTEGRATIVE: SENSORI IMPIEGATI

Misure HVSR

La strumentazione a disposizione per la misura della frequenza fondamentale è stata la seguente:

- una stazione sismica Dymas 24 a 6 canali dotata di GPS per il timing.
- Un sismometro a periodo T di 1 s, linearizzato elettronicamente, con dinamica superiore a 130dB.

Questa strumentazione è di classe superiore rispetto ai normali tromografi disponibili in commercio in virtù della maggiore affidabilità dei segnali nel segmento di bassa frequenza dello spettro di ampiezza (che è poi quello tipico dei microtremori).

Per l'elaborazione dei dati geofisici è stata seguita la procedura consigliata nelle linee guida del SESAME (Site Effects assessment using Ambient Excitations), un progetto di ricerca europeo condotto nel triennio 2003-2005 al fine di standardizzare e migliorare le tecniche di microzonazione sismica attraverso le misure del rumore ambientale. Preliminarmente alla procedura di analisi dei rapporti spettrali, le tracce sismiche registrate sono state verificate eliminando i disturbi transienti e quelle parti di registrazioni non adatte all'analisi. Una volta selezionata la parte di segnale stabile sono state calcolate, per ognuna delle tre componenti del moto, le ampiezze spettrali e gli spettri di potenza del "noise", procedendo successivamente, per il "rumore naturale", alla valutazione della distribuzione energetica in frequenza.

È stata inoltre eseguita la verifica dei criteri che permettono di definire il livello di affidabilità della misura e di identificare il picco significativo attraverso l'uso di test statistici opportuni.

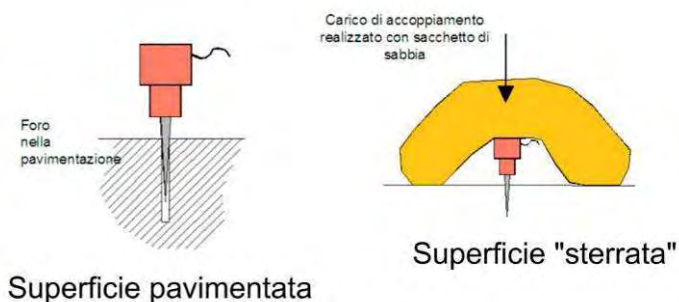


Figura 7 - Strumentazione per la misura della VS. Sismografo a 24 canali Geometrics GEODE (a sinistra). Schema di accoppiamento dei geofoni su pavimentazione (al centro) o su strada sterrata o in ghiaia (a destra).

Misure della Vs

Per la misura della Vs con la tecnica Remi è stato utilizzato un sismografo Geometrics GEODE a 24 canali e 24 bit nella conversione A/D equipaggiato con sensori Oyo GEOSPACE a frequenza naturale di 4.5 Hz.

I geofoni sono stati stesi su terreno con spaziatura variabile da 2 m a 3 m e sono state effettuate sessioni di misura del rumore della durata di 30 s avvalendosi anche di una parziale energizzazione.

4.2 COMMENTO GENERALE ALLE MISURE DI VS30 E HVSR

Gli esiti delle indagini ReMi e HVSR sono riportati nelle schede agli allegati 15117_20151112_ALL01_00 (REMI) e all'allegato 15117_20151112_ALL02_00 (HVSR) ai quali si rimanda per una descrizione puntuale dei siti.

I valori sono descritti nella Carta delle frequenze fondamentali di risonanza e dell'amplificazione H/V (HVSR_15117_20151112_T03_00), nella Carta delle Vs30 (VS30_15131_20151028_T04_00).

L'analisi della distribuzione della velocità delle onde di taglio e delle frequenze fondamentali dei terreni indica, per il territorio comunale in esame, una situazione abbastanza variegata. Questa differenziazione nella risposta sismica altro non è che l'immagine dell'assetto geologico stratigrafico del sito caratterizzato dalla presenza di spessori e tessiture variabili dei depositi di pianura.

Il valore di Vs₃₀ varia da 243 m/s a 665 m/s (considerando il complesso di dati della MS di Primo Livello e del Secondo Livello). I suoli di fondazione, secondo i dettami delle NTC 2008, ricadono per il 50% nella classe B ed il rimanente 50% nella classe C (con alcuni in classe E data la vicinanza del substrato sismico).

I valori di Vs₃₀ sono maggiormente elevati (mediamente superiori a 500 m/s) al margine sud-occidentale e meridionale del tratto indagato. Ciò potrebbe essere legato ad un maggior grado di addensamento/cementazione delle ghiaie pleistoceniche o ad una risalita del substrato (mancano dati geognostici diretti); i valori più bassi si dispongono in corrispondenza dei terreni più fini al margine del rilievo.

In alcuni casi la vicinanza del substrato alla superficie topografica ha leggermente degradato gli spettri senza comunque inficiare la misura della velocità.

Per quanto invece riguarda le frequenze fondamentali e la relativa ampiezza del rapporto H/V la situazione è molto più complessa com'è comunque prevedibile in un contesto geologico qual è quello di un territorio pedecollinare. Alcune misure di frequenza fondamentale sono state contaminate da sorgenti polarizzate di rumore coerente ed hanno richiesto un'analisi approfondita per l'estrazione della componente geologica dal segnale registrato.

id sito	id SoftMS	VS30
CM_01	026007L1REMI1	529
CM_02	026007L2REMI2	638
CM_03	026007L3REMI3	665
CM_04	026007L4REMI4	587
CM_05	026007L5REMI5	337

Tabella 6 – Distribuzione dei valori di Vs30 – approfondimento di II Livello

Esempi in questo senso sono presenti in diversi punti del territorio comunale dove è probabile che la presenza di siti produttivi abbia generato una maggiore presenza di rumore polarizzato.

id sito	id SoftMS	1° picco		2° picco		3° picco		4° picco	
		F ₀	A ₀	F ₁	A ₁	F ₂	A ₂	F ₃	A ₃
HV_CM_01	026007P63HVS RP63	2.60	1.00						
HV_CM_02	026007P64HVS RP64	3.68	1.57						
HV_CM_03	026007P65HVS RP65	1.49	1.10	6.87	1.32	9.25	1.09		
HV_CM_04	026007P66HVS RP66	4.14	1.36	7.29	1.22	9.62	1.16		
HV_CM_05	026007P67HVS RP67	1.50	2.56						
HV_CM_06	026007P68HVS RP68	4.39	1.01						
HV_CM_07	026007P69HVS RP69	/	/						
HV_CM_08	026007P70HVS RP70	/	/						
HV_CM_09	026007P71HVS RP71	2.96	0.96						
HV_CM_10	026007P72HVS RP72	6.19	0.92	8.50	0.97				
HV_CM_11	026007P73HVS RP73	2.96	6.31	1.29	1.30				
HV_CM_12	026007P74HVS RP74	2.35	1.28	3.39	1.34	5.85	1.52	8.50	1.14
HV_CM_13	026007P75HVS RP75	0.99	0.89	10.00	1.10				
HV_CM_14	026007P76HVS RP76	3.49	1.35	5.21	1.24	7.95	1.2		
HV_CM_15	026007P77HVS RP77	/	/						
HV_CM_16	026007P78HVS RP78	2.82	1.02	5.47	1.03				
HV_CM_17	026007P79HVS RP79	/	/						

Tabella 7 – Distribuzione dei valori di H/V e F° - Approfondimento di II Livello

Manca l'evidenza, anche negli spettri a picchi multipli, di una chiara firma spettrale del sottostante substrato.

In generale i picchi, qualora non determinati da sorgenti polarizzate, sono da attribuire alla presenza di interfacce elastico-acustiche che non hanno carattere di ubiquitarietà e che possono essere correlate solo su piccole distanze. I valori di ampiezza del rapporto H/V sono estremamente variabili e quasi sempre con valori del rapporto H/V inferiore a 2. Ciò è probabilmente ascrivibile al ridotto contrasto di impedenza acustica tra substrato e coperture in virtù dell'interposizione di un substrato con caratteristiche intermedie di densità e di velocità (ghiaia cementate o addensate). Si rileva inoltre come il rapporto H/V, quando inferiore a 2, sia poco significativo in termini di amplificazione secondo le indicazioni del progetto Sesame.

5 Elaborati cartografici

5.1 CARTA DELLA MICROZONAZIONE SISMICA - LIVELLO II

La carta è stata costruita sulla base di 36 misure di V_{s30} , integrate da altre misure condotte all'intorno, localizzate fuori carta. Il grado di risoluzione è ovviamente funzione della densità dei dati e pertanto è consigliabile che in sede di interventi di espansione nelle aree di approfondimento esaminate o di adeguamento nel centro storico siano condotte specifiche indagini e analisi a norma delle NTC08 e s.m.i.

L'intervallo dei valori di F_a rappresentati in carta oscilla tra 1 e 1.8. I valori massimi sono presenti al piede del versante collinare, in alcuni settori limitati, e in corrispondenza del capoluogo.

La carta delimita alcune aree stabili nella pianura nord-occidentale, ai piedi del versante e all'angolo di sud-est dell'area esaminata.

Per quanto riguarda le amplificazioni topografiche si osserva come il versante collinare mostri valori crescenti fino ad amplificazioni massime di 1.2 in corrispondenza della cresta.

Sono state inoltre rappresentate le Zone di Attenzione per instabilità di versante quiescente e le Zone di attenzione per faglie attive e capaci che interessano settori limitati e marginali della carta.

5.2 CARTA DELLE INDAGINI

La Carta delle Indagini per la Microzonazione Sismica di livello II deve contenere l'ubicazione delle indagini preesistenti ed eventualmente di quelle di nuova realizzazione.

Nel presente studio le indagini sono state distinte per tipo e profondità raggiunta; a ciascuna indagine è stato assegnato un codice identificativo univoco (Id) e attraverso il set di dati raccolto è stato popolato il data base digitale messo a disposizione dalla Protezione Civile Nazionale (SoftMS, vers. 4), secondo codifiche predeterminate. Le indagini pregresse e quelle realizzate ex-novo sono state distinte secondo la data di realizzazione, che è riportata nel data base.

Le indagini sono state rappresentate in forma simbolica secondo quanto previsto dagli *Standard di Rappresentazione informatica* (Vers. 4.0b).

Il complesso di punti di indagine presenti sul territorio è suddiviso tipologicamente come segue:

INDAGINI PUNTUALI			
TIPO INDAGINE	CODICE	DEFINIZIONE INDAGINE per MS	TOTALE
Geotecnica in sito	CPT	Penetrometrica statica	7
Geologia	S	Sondaggio a carotaggio continuo	20
Geofisica	HVSR	Microtremiti a stazione singola	34
Geofisica	SR	Sismica a rifrazione	7
Geologia	T	Trincea o pozzetto	27

INDAGINI LINEARI			
TIPO INDAGINE	CODICE	DEFINIZIONE INDAGINE per MS	TOTALE
Geofisica	REMI	REMI	28
Geoelettrica	ERT	Tomografia elettrica	12

Tabella 8 – Numero di indagini classificate per tipologia

L'ubicazione delle nuove prove integrative è stata condizionata dalla necessità di misurare con sufficiente dettaglio i parametri sismici in corrispondenza dei diversi lotti di espansione. Le misure si sono concentrate nell'area di pianura rappresenta nella carta di MS di Secondo Livello.

5.3 CARTA DELLE FREQUENZE FONDAMENTALI DI RISONANZA E DELL'AMPLIFICAZIONE H/V

La carta è stata redatta tenendo conto sia delle V_{s30} della MS di Primo Livello che dei valori ottenuti con le indagini integrative di Secondo Livello. Sono stati rappresentati i picchi di frequenza con valore più elevato del rapporto H/V, escludendo i picchi secondari e i profili privi di un rapporto di amplificazione sufficientemente marcato.

5.4 CARTA DELLE V_{s30}

La Carta delle V_{s30} mostra una distribuzione pressoché equivalente di suoli nella classe B e C (e subordinatamente E). L'interpolazione è stata ottenuta tenendo conto anche delle misure al contorno eseguite anche fuori del territorio comunale.

6 Approfondimenti analitici di Terzo Livello - RSL

6.1 VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

Ai fini della delimitazione delle aree suscettibili di liquefazione si è tenuto conto della granulometria prevalente in superficie e della soggiacenza media della falda freatica.

Sono state considerate sia le sabbie che le ghiaie.

Gli altri parametri predisponenti sono stati verificati per l'intero territorio comunale (Mw attesa al sito >5 e accelerazioni massime in superficie (pga) > 0.1g).

Analisi delle Vs

E' stata condotta un'analisi dei ReMi disponibili nella documentazione fornita dal Comune di Cappella Maggiore, in particolare negli allegati allo Studio di Microzonazione di Primo Livello ai quali si rimanda.

E' stato applicato il metodo di verifica alla liquefazione basato sull'esame delle onde di taglio Vs. La validità del metodo è assicurata dal fatto che sia la Velocità Vs e sia la resistenza alla liquefazione CRR sono determinate dai medesimi fattori (ad esempio: rapporto dei vuoti, stato di sforzo, storia dello sforzo, età geologica, ecc.). Inoltre, le Vs assicurano ulteriori vantaggi che possono essere così riassunti:

- contrariamente alle CPT, le misure di Vs sono possibili su qualunque tipo di substrato, sia soffice che addensato, consolidato o ghiaioso;
- la Vs è una proprietà meccanica intrinseca del suolo direttamente correlata al modulo di rigidità;
- la misura di Vs interessa un volume medio di terreno risultando maggiormente rappresentativa del sottosuolo ai fini della pianificazione;
- nella fase di realizzazione dello studio di MS viene solitamente eseguita una campagna di rilievi ReMi/MASW sufficientemente estesa all'intero territorio comunale consentendo un'adeguata rappresentazione dei parametri elastici, mentre di solito non vi è una paragonabile densità di prove geognostiche disponibili.

Sono state proposte numerose procedure semplificate per calcolare la resistenza alla liquefazione di un suolo granulare usando la velocità delle onde di taglio (Robertson *et al.*, 1992; Robertson e Write, 1997; Andrus e Stoke, 1997 e 2000; Andrus *et al.*, 2003 e 2004, Kayen *et al.*, 2013).

Esistono diversi grafici di correlazione CSR/V_{s1} fondate su banchi dati che hanno esaminato decine di casi di siti che hanno subito liquefazione.

In tali studi la velocità Vs è corretta dalla sovrappressione usando l'equazione:

$$V_{s1} = V_s C_{Vs} = V_s (P_a / \sigma'_v)^{0.25}$$

Dove

V_{s1} = velocità delle onde di taglio corretta della sovrappressione;

V_s = velocità delle onde di taglio misurate in situ;

P_a = pressione atmosferica approssimativamente pari a 100 kPa

σ'_v = pressione effettiva alla stessa unità di misura di Pa

(secondo Scora, 1987, Kayen *et al.*, 1992; Robertson *et al.*, 1992; Kayen *et al.*, 2013)

Nella figura seguente il grafico tratto da Kayen *et al.*, 2013 mostra come la V_{s1} cambi in rapporto al CSR per valori variabili di M_w da 5.5 a 8.5.

Da questa figura si evince come, in condizioni predisponenti alla liquefazione (secondo i parametri M_w , granulometria, profondità della falda, ecc.), per valori di $V_{s1} > 215$ m/s non si ha liquefazione (con relativamente bassi valori di CSR). Poiché secondo Kayen *et al.* (2013) per depositi superficiali si stabilisce che C_{vs} sia da considerare al massimo 1,5, ne consegue che il limite inferiore di V_s sia pari a: 143 m/s. Considerando in via cautelativa un C_{vs} pari a 1,1 il valore di V_s risulta comunque inferiore a 200 m/s.

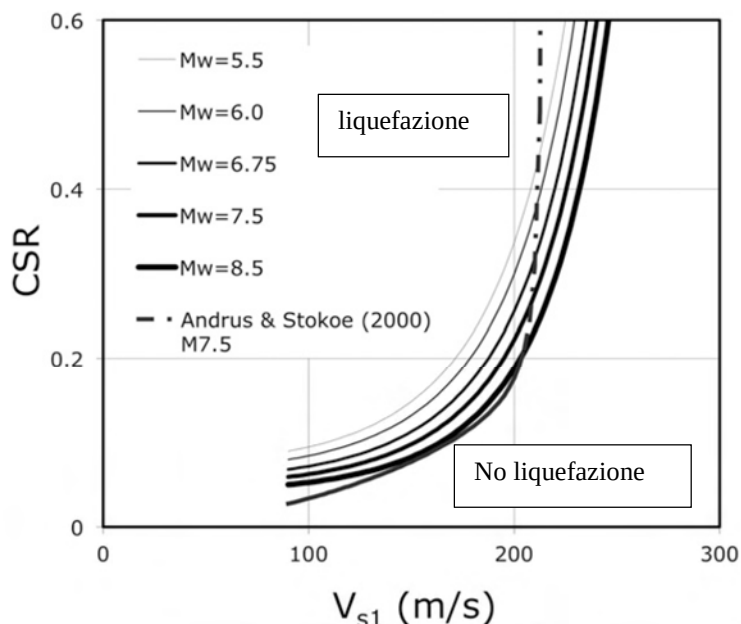


Fig. 6. Correlation curves for magnitudes 5.5–8.5 ($P_L = 15\%$; $\sigma'_{vo} = 100$ kPa)

Figura 8 – Curve di correlazione CSR/ V_{s1} secondo Kaye *et al.*, 2013.

Da un esame dei profili di V_s disponibili per l'area di Cappella Maggiore interessata dallo studio di MS di Secondo Livello (sia in corrispondenza delle aree di espansione che dei centri abitati) si evince come i terreni con valori inferiori a $V_s=200$ m/s siano presenti esclusivamente negli orizzonti superficiali fino alla profondità massima di circa 3 m, mentre a profondità superiori i valori di V_s risultano tutti più elevati.

I terreni a profondità comprese tra 3 e 15 m sono pertanto esclusi dal campo di liquefacibilità delle sabbie.

Tenuto conto che la profondità minima della falda freatica, secondo quanto indicato nella Carta Idrogeologica allegata al PAT 2009, tavola 6.2 è generalmente attorno ai tre metri, ne risulta che anche i terreni superficiali sono esclusi dal campo di liquefacibilità delle sabbie.

Analisi granulometriche e prove geognostiche

Sono stati prelevati 5 campioni superficiali, uno per ciascun sito di espansione, che sono stati sottoposti ad analisi granulometrica. Nessuno di essi rientra nell'intervallo granulometrico compatibile con la liquefazione delle sabbie secondo quanto stabilito dalle NTC e dalle Linee Guida Nazionali. Si vedano le granulometrie all'allegato 3.

Sono stati esaminati anche i carotaggi e le CPT disponibili. Non sono state osservate specifiche aree con composizione granulare compatibile con la liquefazione.

Si ritiene pertanto che i terreni di pianura inclusi nello studio di MS di Secondo Livello non siano liquefacibili.

Limiti e criticità

Si fa osservare come il numero di prove geognostiche disponibili, la loro profondità e distribuzione sia insufficiente a caratterizzare pienamente tutti i terreni di pianura che insistono nel territorio comunale. Inoltre, poiché il settore ghiaioso è formato da un impilamento di alvei braided che generano una estrema eterogeneità vertico-laterale tipica dei terreni di alta pianura, si potrebbero preservare lenti di sabbia corrispondenti a fasce a minor energia deposizionale.

Si tenga inoltre presente che la precisione con cui i confini litologici e tessiturali sono tracciati è proporzionale al numero di osservazioni condotte, dipende dalla cartografia disponibile e dalle possibili variazioni in profondità dell'assetto stratigrafico che sempre contraddistingue un ambiente alluvionale.

Si raccomanda in fase di progettazione di qualunque opera la verifica alla liquefazione secondo le Norme NTC 2008. Di tale indicazione si dovrà tener conto nelle NTA allegate al PAT che dovranno essere opportunamente aggiornate.

6.2 ANALISI DELLE FAC - FAGLIE ATTIVE E CAPACI

6.2.1 La Faglia del Cansiglio

Il database ITHACA riporta la presenza della Faglia del Cansiglio (codice 70301) appartenente al sistema della linea di Aviano.

L'informazione sulla posizione della faglia è desunta da Galadini *et al.* 2005 (*Galadini F., Poli M.E., Zanferrari A. (2005) Seismogenic sources potentially responsible for earthquakes with $M > 6$ in eastern Southern Alps (Thiene-Udine sector, NE Italy), Geophysical Journal International, 161, 739-762*). Di seguito è riportata la figura dalla quale è stata estratta la posizione della faglia. Come è facilmente intuibile si tratta di uno schema a piccolissima scala che non può essere utilizzato per l'ubicazione della faglia alla scala richiesta per gli approfondimenti di secondo/terzo livello.

Nel presente studio di Microzonazione la faglia è stata pertanto ubicata sulla scorta dei rilievi condotti per la redazione della Carta Geologica della Provincia di Treviso (Bondesan, Busoni, Preto, 2013, Sezioni 085010 - Cappella Maggiore - 085020 Sacile Ovest, scala 1:10.000). Si tratta in ogni caso di una determinazione incerta poiché la linea tettonica è stata tracciata sulla base della

bibliografia nota e su base morfologica considerando l'allineamento del margine prealpino rispetto alla piana alluvionale dei Torrenti Friga e Carron.

Si osservi che il tracciato adottato è raccorciato rispetto a quello del DB Ithaca e ricalca fedelmente quello della Carta Geologica della Provincia di Treviso. Si ritiene che tale tracciato sia maggiormente attendibile, anche tenuto conto dell'assenza sulla dorsale di Cappella di lineamenti tettonici o morfologie compatibili con la presenza della faglia.

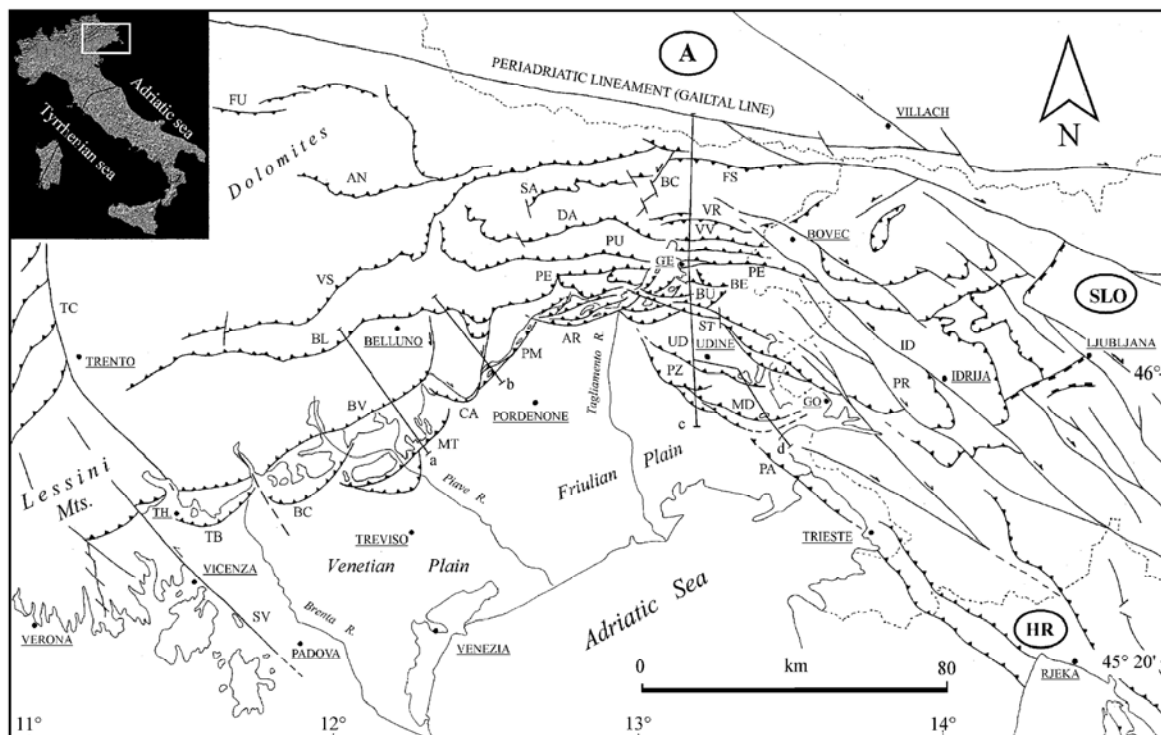


Figure 1. Structural model of NE Italy and W Slovenia. The letters a, b, c and d define the traces of the geological sections reported in Figs 11, 14, 4 and 6, respectively. Legend (towns): TH, Thiene; GE, Gemona; GO, Gorizia. Legend (structures): TC, Trento-Cles fault; SV, Schio-Vicenza fault; TB, Thiene-Bassano fault; BC, Bassano-Cornuda fault; BV, Bassano-Valdobbiadene fault; BL, Belluno fault; VS, Valsugana fault; FU, Funes fault; AN, Antelao fault; MT, Montello fault; CA, Cansiglio fault; PM, Polcenigo-Maniago fault; AR, Arba-Ragogna fault; PE, Periadriatic thrust; PU, Pinedo-Uccea fault; DA, Dof-Auda fault; SA, Sauris fault; BC, But-Chiarsò fault; FS, Fella-Sava fault; VR, Val Resia fault; VV, Val Venzonassa fault; BE, Bernadia fault; BU, Buia fault; ST, Susans-Tricesimo fault; UD, Udine-Buttrio fault; PZ, Pozzuolo fault; MD, Medea fault; PA, Palmanova fault; ID, Idrija fault; PR, Predjama fault.

Figura 9 – Carta estratta per Galadini *et al.*, 2005

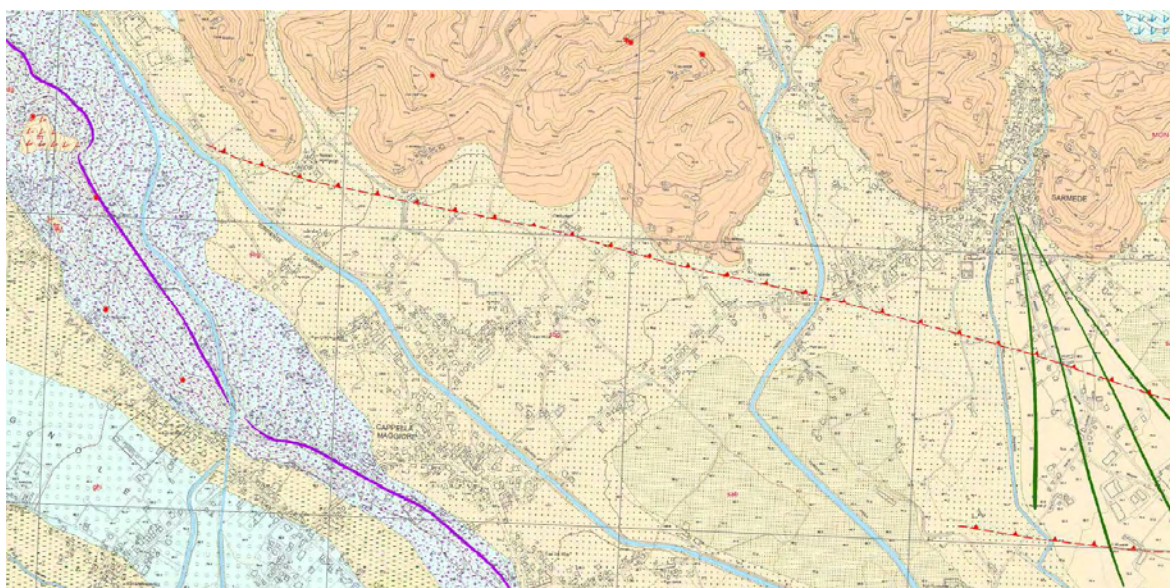


Figura 10 – Estratto di carta geologica, non in scala (Bondesan, Busoni, Preto, 2013, Sezioni 085010 - Cappella Maggiore - 085020 Sacile Ovest, scala 1:10.00). Si osservi l'ubicazione della faglia.

6.2.2 Zona di Attenzione (ZA_{FAC}) – MS di Primo Livello

Tenendo conto delle considerazioni precedenti e secondo le *Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da Faglie Attive e Capaci (FAC)*, versione 1.0, Roma, la faglia è stata provvisoriamente classificata come Faglia Potenzialmente Attiva e Capace (FPAC). E' previsto che tale tipologia di faglia venga investigata con indagini appropriate al fine di identificarne l'eventuale attività negli ultimi 40.000 anni, oltre che definirne con certezza la geometria nella MS di Terzo Livello.

Come tale la faglia è stata compresa cautelativamente in un buffer a edificazione limitata che circonda la supposta traccia del piano di rottura principale denominato "Fascia A" nella Carta di Microzonazione di Secondo Livello. Tale perimetrazione rimanda obbligatoriamente a livelli di approfondimento specifici, propri del livello MS3 (Gruppo di lavoro MS, 2008).

Il dimensionamento del buffer ha tenuto conto del maggior grado di incertezza legato all'indeterminatezza sulla posizione e natura della faglia. La dimensione scelta è stata di 400 m (200+200 m) a cavallo della traccia del piano di rottura principale della faglia.

Livelli di MS	Livello MS1	Livello MS3		
Categoria (FAC_x)	ZA_{FAC}	$ZS_{FAC\ RACC}$	$ZS_{FAC\ MIN}$	ZR_{FAC}
FAC_a	400	160	0	30
FAC_b	400	300	160	n.d.

Tabella 9 – Zona di Suscettibilità e Zona di Rispetto (ZS_{FAC} e ZR_{FAC} nel Livello MS 3)
(Linee Guida FAC, 2015)

La scelta di un buffer a edificazione limitata è stata giustificata dal fatto che gli approfondimenti di Terzo Livello, limitatamente alla Fascia A, per decisione dell'Amministrazione Comunale non saranno condotti nel corso del presente studio e saranno rinviati ad un successivo aggiornamento della MS3.

6.2.3 Approfondimento di Terzo Livello

La perimetrazione delle FAC dev'essere condotta attraverso approfondimenti con l'acquisizione di elementi informativi specifici, propri del livello MS3 (Gruppo di lavoro MS, 2008).

Quando almeno una delle due condizioni preliminari di seguito citate risultino verificate, è necessario infatti condurre uno studio di dettaglio (es. interpretazione aerofotogeologica, rilievo di terreno, analisi geofisiche, analisi paleosismologiche) finalizzato all'individuazione dell'eventuale traccia superficiale di una faglia attiva e capace.

Le condizioni preliminari affinché si debbano eseguire studi di dettaglio sulle FAC sono:

- l'area oggetto di studi di MS ricade in area epicentrale di terremoti storici con $M_w > 5.5$ (cfr CPT11;
- la letteratura scientifica disponibile già riporta la presenza di faglie all'interno di formazioni tardopleistoceniche-oloceniche;
- sono segnalate evidenze di attività recente delle faglie rilevate sul campo da geologi, durante i rilievi geologico-tecnici per la stesura delle carte di MS.

Nel caso in esame, almeno la prima e la seconda condizione sono verificate.

Gli elementi generalmente indicativi dell'attività recente di una faglia sono di ordine sia geomorfologico (anomalie nelle forme del paesaggio, diversione di corsi d'acqua o di altri elementi lineari, scarpate di faglia) sia, ovviamente, tettonico (faglie che dislocano terreni tardo pleistocenici-olocenici). Una volta individuato l'andamento della faglia in superficie, al fine di accertarne l'attività recente e di delineare la traccia planoaltimetrica certa, è necessario utilizzare un approccio paleosismologico.

La tipologia delle indagini è riportata nella tabella seguente.

ID	Gruppo Indagini	Indagini
Ind_1	Analisi aerofotogrammetriche	Foto aeree, ortofoto, immagini LiDAR, immagini da satellite
Ind_2	Rilievi geologici e geomorfologici	Rilevamenti di campagna e relativa cartografia
Ind_3	Indagini geofisiche e geognostiche	ERT, sismica a riflessione e rifrazione, GPR, sondaggi e saggi
Ind_4	Paleosismologia	Trincee paleosismologiche e datazioni cronometriche dei terreni fagliati

Tabella 10 – Indagini per lo studio di una FAC, raggruppate per tipologia e significatività (Gruppo Ind_4=massima significatività; da tabella A2, Linee Guida FAC, 2015)

Gli approfondimenti seguiranno il diagramma di flusso riportato nella figura seguente.

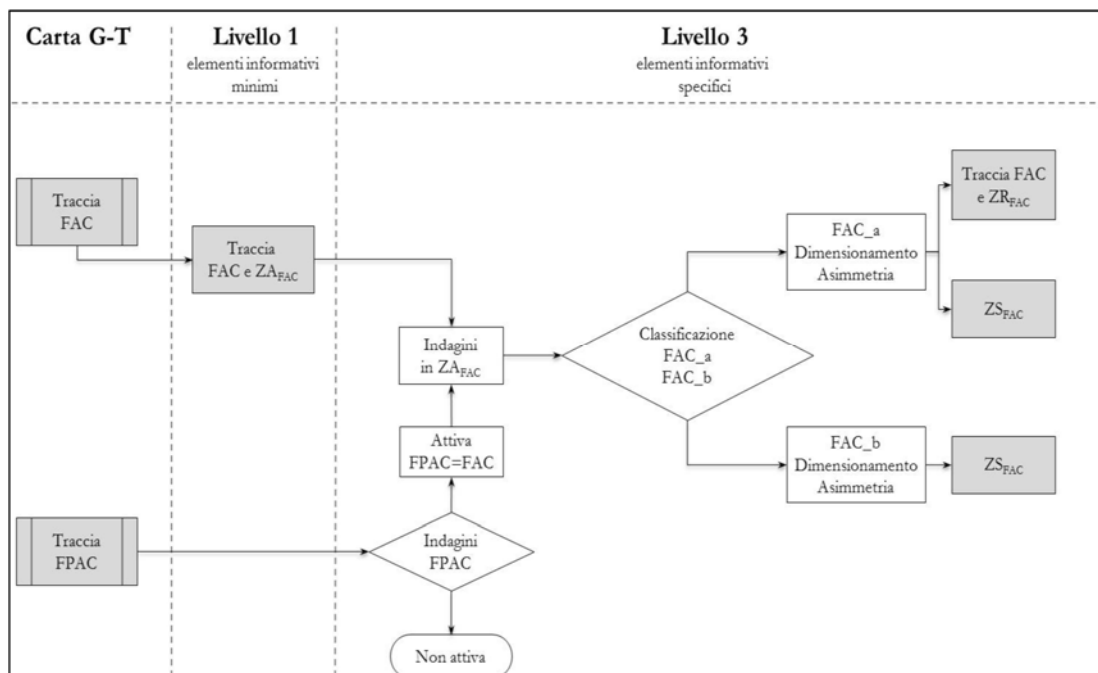


Figura 11 – Procedure di dimensionamento delle zone di faglia.

6.2.4 Disciplina d'uso del suolo in zone di faglia attiva e capace

La pianificazione urbanistica e territoriale in zone interessate dalla presenza di faglie attive e capaci è chiamata a disciplinare gli usi del suolo e le previsioni di trasformazione urbana, tenendo conto della relazione tra la pericolosità sismica e i diversi contesti insediativi.

La disciplina di cui alle Linee Guida FAC 2105 fa riferimento convenzionalmente a tre categorie di aree urbanistiche:

- aree edificate (recenti o consolidate);
- aree non edificate (con previsione di trasformazione);
- aree non urbanizzate a trasformabilità limitata.

Ciascuna delle tre categorie di aree è definita da specifici caratteri insediativi, infrastrutturali e di destinazione d'uso la cui relazione con la presenza di faglie attive e capaci va sottoposta a specifiche normative.

In particolare le tre categorie di aree urbanistiche possono essere definite nel modo seguente:

Aree edificate (recenti o consolidate)

Aree urbanizzate ed edificate di diverso livello di completamento, consolidamento e stratificazione. Comprendono centri storici, tessuti consolidati, aree in completamento con usi residenziali, produttivi, a servizio o misti.

Aree non edificate (con previsione di trasformazione)

Aree non edificate, parzialmente edificate o con previsione di nuovi insediamenti - residenziali, produttivi, a servizio o misti - di manufatti edilizi, di infrastrutture e reti. Tali aree possono trovarsi sia in adiacenza ad aree edificate, sia in contesti ancora non urbanizzati.

Aree non urbanizzate a trasformabilità limitata

Aree non edificabili o con limitate previsioni di edificabilità, per destinazione d'uso (aree agricole).

La disciplina degli usi del suolo e delle previsioni di trasformazione nelle zone di fascia attiva e capace viene articolata in due tipi di indicazioni:

- indicazioni urbanistiche, che definiscono possibili regolamentazioni dallo strumento urbanistico anche in termini di categorie di intervento e di destinazioni d'uso e modalità attuative;
- indicazioni edilizie, che definiscono per l'edilizia esistente e di nuova costruzione, con riferimento alla normativa tecnica antisismica, quali categorie di intervento sono possibili e su quali classi d'uso.

Devono essere espletati i necessari approfondimenti geologici propri del livello MS3 nel caso di ZA_{FAC} :

- 1) nelle aree edificate (recenti o consolidate), per interventi di nuova edificazione (nei lotti vuoti) e per interventi sull'edificato esistente;
- 2) nelle aree non edificate (con previsione di trasformazione);
- 3) nelle aree non urbanizzate a trasformabilità limitata.

In caso di mancato approfondimento le aree di cui sopra sono soggette ad un regime di limitazione di edificabilità che non autorizza alcun intervento di trasformazione, fintantoché non vengano effettuate le indagini previste.

E' ammessa in tali aree la sistemazione di spazi aperti, senza realizzazione di volumetrie, a servizio delle funzioni e delle attività presenti nelle aree limitrofe, insediate e urbanizzate, o per incrementare la dotazione urbana di aree verdi, spazi pubblici e verde privato attrezzato.

La disciplina d'uso in assenza di approfondimento è la seguente:

Edilizia	Tipo Intervento	Descrizione
Esistente	Limitato	Con esclusione degli interventi di manutenzione ordinaria, qualsiasi altro tipo di intervento deve prevedere interventi di miglioramento e/o di adeguamento e/o di rafforzamento locale (in conformità alla normativa vigente).
Nuova costruzione	Inibito	Non è consentita la nuova edificazione.

Tabella 11 – Disciplina d'uso in assenza di approfondimento in aree non edificate o non urbanizzate (Linee Guida FAC, 2015)

Le limitazioni di cui sopra dovranno essere recepite all'interno delle NTA del Piano degli Interventi. Tali limitazioni coinvolgono i lotti H19 e H20.

6.3 DEFINIZIONE DELLE INSTABILITÀ DI VERSANTE

Le Linee Guida Nazionali definiscono per la MS di II Livello procedure per la stima quantitativa degli effetti di un terremoto in una determinata area potenzialmente instabile, ai fini della pianificazione e gestione del territorio. Le analisi hanno lo scopo di stabilire una gerarchia di pericolosità relativa tra le diverse zone, utile per valutazioni sull'uso del territorio, come piani territoriali e di emergenza.

La normativa prevede di distinguere le frane in pendii di terreno e le frane in roccia, pervenendo alla stima delle aree di accumulo di frana e delle massime distanze percorse dai blocchi/dietri di roccia soggetti a crollo.

Nel settore compreso nello studio di MS di Secondo Livello ricadente nei centri abitati e negli ambiti di nuova edificazione si menziona la frana a monte dell'incrocio Via Livel/Via dei Roveri nei pressi di C. Da Ros. Tale frana è stata interessata circa 15 anni fa da un intervento di sistemazione attraverso sistemi di drenaggio e rinforzi al piede. Non è stata segnalata alcuna ripresa del movimento, neppure a fronte di eventi meteorici estremi come quelli verificatisi nel 2010. Inoltre, il consolidamento al piede attraverso la realizzazione di un muro di sostegno confina la frana a monte dell'edificato e impedisce l'eventuale traslazione a valle delle coperture in caso di frana sismoindotta (a meno di cedimenti strutturali la cui valutazione esula dalle considerazioni proprie dello studio di Microzonazione).

Per tale motivo non si ritiene di dover procedere con l'analisi di Microzonazione Sismica di Terzo Livello.

6.4 ANALISI NUMERICA

Per migliorare il grado di accuratezza nella previsione dei fenomeni di amplificazione locale si può ricorrere ad un'analisi numerica di Risposta Sismica Locale. Per quanto concerne il Comune di Cappella Maggiore, gli approfondimenti analitici di Terzo Livello sono stati effettuati, secondo la richiesta dell'Amministrazione, in corrispondenza di cinque aree di espansione denominate informalmente da CM-01 a CM-05.

La loro ubicazione in carta è rappresentata nella figura seguente:

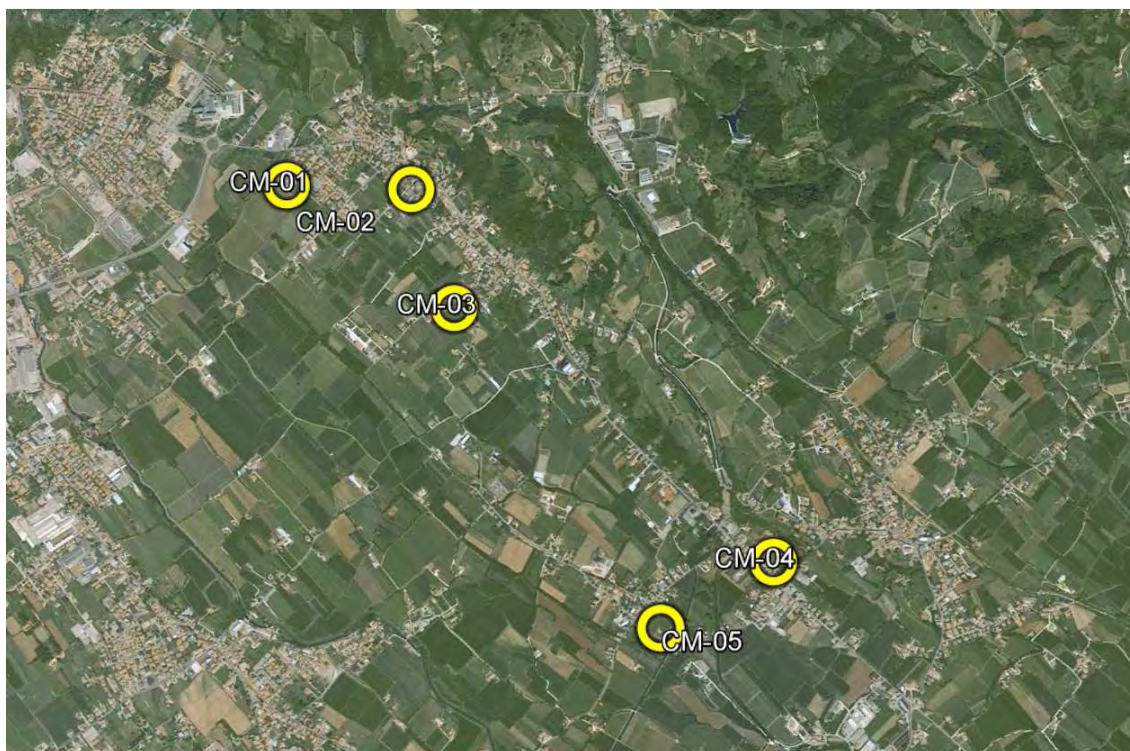


Figura 12 – Aree di approfondimento di analisi.

6.4.1 Cenni di teoria

L'analisi è stata condotta con il codice monodimensionale EERA (*Equivalent-linear Earthquake site Response Analyses*) sviluppato presso l' University of Southern California (Department of Civil Engineering) da J. P. Bardet, K. Ichii, And C. H. Lin.

Il programma EERA si basa sullo stesso approccio del più noto programma di calcolo SHAKE. Entrambi i programmi di calcolo consentono di studiare la propagazione delle onde sismiche tenendo conto della non linearità del comportamento del terreno; questo è possibile introducendo un modello "lineare equivalente". Il codice EERA elabora le analisi di calcolo in un semispazio che si riferisce ad un modello discreto a masse concentrate. In particolare, gli strati del deposito si schematizzano con una serie di masse concentrate in corrispondenza della superficie di separazione degli strati e collegati tra loro da molle e smorzatori viscosi. Il modello lineare visco-elastico fa riferimento al modello reologico di Kelvin-Voigt (molla e smorzatore viscoso in parallelo) nel quale si ipotizza che le onde di taglio si propaghino con direzione verticale all'interno del deposito poggiante su bedrock. Nel modello lineare equivalente si ammette che il modulo di taglio G e il rapporto di smorzamento D siano funzione dell'ampiezza della deformazione di taglio γ ; la non linearità del comportamento viene considerata effettuando quindi un'analisi visco-elastica di tipo iterativo. Nel programma di calcolo i moduli G e D si ottengono da iterazioni che sono funzione del livello di deformazione indotto in tutti gli strati; quindi non sono costanti ma variano fino a raggiungere un valore compatibile con il livello di deformazione indotto dal sisma. Il processo iterativo si interrompe nel momento in cui i valori di rigidezza e smorzamento calcolati sono compatibili con quelli indotti dalle deformazioni iniziali.

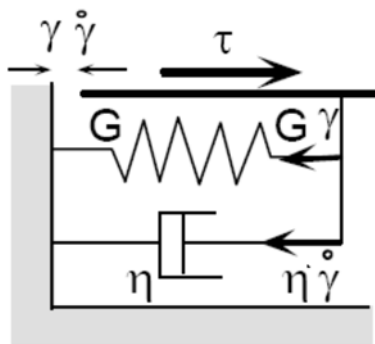


Figura 13 - . Modello di Kelvin-Voigt.

Lo stress di taglio (τ), la deformazione di taglio (γ) ed il tasso della deformazione di taglio ($\dot{\gamma}$) sono legati dalla relazione (1).

$$\tau = G\gamma + \eta\dot{\gamma} \quad (1)$$

dove G è il modulo di taglio e η la viscosità. In una colonna di terreno la deformazione di taglio ed il suo tasso sono definiti dalla spostamento orizzontale (u) in funzione della profondità (z) e del tempo (t) dato dalla (2).

$$\gamma = \frac{\partial u(z,t)}{\partial z} \quad \text{and} \quad \dot{\gamma} = \frac{\partial \gamma(z,t)}{\partial t} = \frac{\partial^2 u(z,t)}{\partial z \partial t} \quad (2)$$

Nel caso di moto armonico le relazioni vengono espresse dalla (3).

$$u(z, t) = U(z)e^{i\omega t}, \quad \gamma(z, t) = \frac{dU}{dz}e^{i\omega t} = \Gamma(z)e^{i\omega t} \quad \text{and} \quad \dot{\gamma}(z, t) = i\omega\gamma(z, t) \quad (3)$$

dove $U(z)$ e $\Gamma(z)$ rappresentano rispettivamente l'ampiezza dello spostamento e della deformazione di taglio. Pertanto nel caso di sollecitazione armonica lo stress di taglio della (1) può essere espresso con la (4).

$$\tau(z, t) = \Sigma(z)e^{i\omega t} = (G + i\omega\eta)\frac{dU}{dz}e^{i\omega t} = G^*\frac{dU}{dz}e^{i\omega t} = G^*\gamma(z, t) \quad (4)$$

dove G^* rappresenta il modulo di taglio complesso e $\Sigma(z)$ è l'ampiezza dello stress di taglio. Introducendo il rapporto di smorzamento critico ξ in modo che:

$$\xi = \frac{\omega\eta}{2G}; \quad (5)$$

il modulo di taglio complesso G^* diventa:

$$G^* = G + i\omega\eta = G(1 + 2i\xi) \quad (6)$$

L'energia W_d dissipata durante un ciclo completo di sollecitazione è uguale all'area generata nel loop stress-strain e vale la (7):

$$W_d = \oint_{\tau_c} \tau d\gamma \quad (7)$$

Nel caso in cui la sollecitazione sia armonica e cioè con:

$$\gamma(t) = \gamma_c e^{i\omega t}; \quad (8)$$

L'equazione (7) può essere riscritta come:

$$W_d = \int_t^{t+2\pi/\omega} \text{Re}[\tau(t)] \text{Re}\left[\frac{d\gamma}{dt}\right] dt \quad (9)$$

Nella formulazione della (9) sono considerate solo le parti reali dello stress e del tasso di deformazione. Usando la (4) le parti reali dello stress e del tasso di deformazione sono:

$$\text{Re}[\tau(t)] = \gamma_c (G \cos \omega t - \omega\eta \sin \omega t) \quad \text{and} \quad \text{Re}\left[\frac{d\gamma}{dt}\right] = -\gamma_c \omega \sin \omega t \quad (10)$$

e quindi l'equazione (9) diventa:

$$W_d = \frac{1}{2} \omega \gamma_c^2 \int_t^{t+2\pi/\omega} [-G \sin 2\omega t + \omega \eta (1 - \cos 2\omega t)] dt = \pi \omega \eta \gamma_c^2 \quad (11)$$

La massima energia di deformazione del sistema è quindi:

$$W_s = \frac{1}{2} \tau_c \gamma_c = \frac{1}{2} G \gamma_c^2 \quad (12)$$

Il rapporto di smorzamento critico (ξ) può essere espresso in termini di W_d e di W_s come segue:

$$\xi = \frac{W_d}{4\pi W_s}; \quad (13)$$

Il modello lineare di Kelvin-Voight può essere approssimato per tenere in considerazione la risposta non-lineare di alcuni tipi di terreni. Il comportamento non-lineare dei terreni e l'isteresi stress-deformazione, durante la sollecitazione ciclica, può essere approssimato come visibile nella figura seguente.

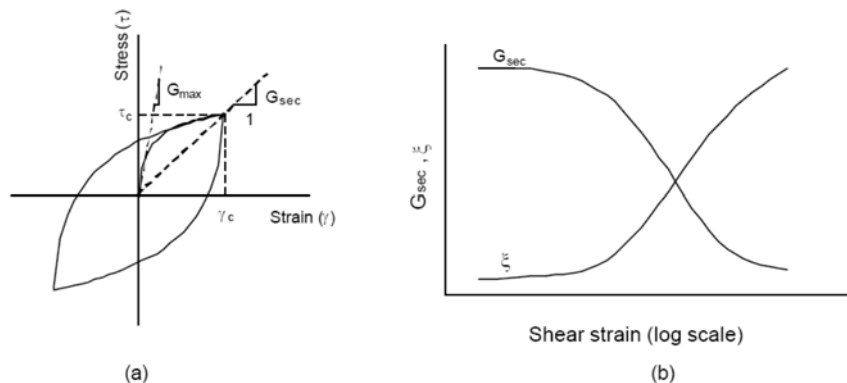


Figura 14 - (a) Ciclo di isteresi simmetrico stres-deformazione; (b) Andamento del modulo di taglio secante (G_{sec}) e del rapporto di smorzamento (ξ) al variare della deformazione di taglio.

Il modulo di taglio equivalente G è la secante del modulo di taglio G_s che dipende dall'ampiezza della deformazione di taglio (γ). Alla fine del ciclo simmetrico di deformazione G_s è dato dalla (14).

$$G_s = \frac{\tau_c}{\gamma_c}; \quad (14)$$

Nell'analisi della risposta di sito si considera che il comportamento dei terreni sia quello della Figura 14. Le curve G_s - γ non possono avere una forma arbitraria in quanto derivano dalle curve stress-deformazione τ - γ .

Nell'approssimazione lineare sono necessarie delle ulteriori assunzioni per tenere in considerazione gli effetti della frequenza sulla relazione stress-deformazione. Per questo scopo

sono stati definiti due modelli tipici di suolo: il modello 1 nel quale il rapporto di smorzamento è indipendente dalla frequenza; il modello 2 nel quale il modulo di taglio complesso (G^*), espresso in funzione della frequenza, dipende dal rapporto di smorzamento.

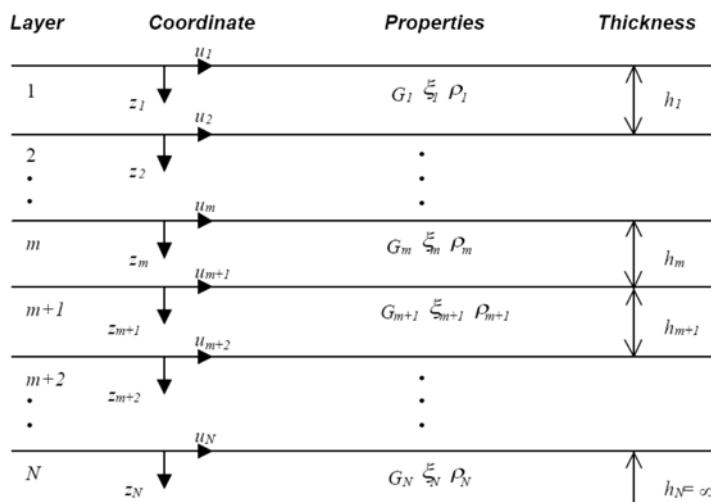


Figura 15 -. Modello di terreno stratificato (secondo Schnabel *et al.*, 1972) utilizzato dal codice EERA.

Nella schematizzazione di EERA si assume quindi che un'onda di taglio si propaghi verticalmente in un modello di terreno stratificato come da Figura 15, parametrizzato in termini di modulo di taglio (G), rapporto di smorzamento (ξ) e di densità (ρ).

6.4.2 Analisi di Risposta Sismica Locale

L'analisi condotta ai fini della presente relazione costituisce uno studio di "riferimento" del territorio in esame, i cui risultati sono stati conseguiti nei confronti delle SLV (Stato limite ultimo per la salvaguardia della vita) per strutture di tipo ordinario (Classe II), non essendo del tutto note o confermate le tipologie di intervento previste e quindi le richieste di prestazione sismica e probabilità di eccedenza nei confronti del sisma di riferimento.

Analisi specifiche per le relative tipologie di opere dovranno essere effettuate in fase di progettazione definitiva/esecutiva.

L'analisi di risposta sismica locale fornisce lo spettro di risposta in accelerazione del moto del terreno, che costituisce lo strumento dinamico maggiormente impiegato per la progettazione di manufatti mettendo in evidenza gli effetti di sito. E' opportuno rammentare come le norme NTC2008 al Paragrafo 3.2.2 recitino:

"Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi (...). In assenza di tali analisi, per la valutazione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (...)".

L'analisi di risposta sismica locale condotta non si è basata su un profilo geotecnico opportunamente studiato, ma ha tenuto conto della stratigrafia sismica desunta dalle indagini sismiche Re.Mi. appositamente condotte per gli studi di MS. Di ciò se ne dovrà tenere debitamente

conto in fase di approfondimento delle indagini, considerando tutti i limiti intrinseci di analisi fondate sulla sola geofisica.

I risultati forniti nel presente studio costituiscono una valutazione del moto sismico derivante da una analisi monodimensionale (1D) implementata mediante il codice di calcolo EERA. Gli effetti topografici dei siti in esame non sono stati considerati in quanto trascurabili, o limitati, e pertanto il presente studio di analisi di risposta sismica locale monodimensionale (1D) valuta esclusivamente gli effetti stratigrafici del sottosuolo.

In sintesi i paragrafi che seguono riportano l'articolazione della analisi dinamiche atte a definire le modifiche che il segnale sismico subisce, a causa delle condizioni locali, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di tipo A). Il risultato principale dell'analisi è quello di fornire lo spettro elastico in accelerazione relativo allo Stato Limite Ultimo di Salvaguardia della Vita (SLV).

Informazioni di base

Con riferimento a quanto riportato nel Par. 7.11.3 del D.M. 14/01/2008, le indagini geotecniche volte alle analisi di risposta sismica locale, a rigore, devono consentire la definizione delle condizioni stratigrafiche di sottosuolo, le proprietà fisiche e le proprietà meccaniche degli strati del terreno sia a piccole che a grandi deformazioni, il regime delle pressioni interstiziali, la profondità e morfologia del substrato rigido.

Il presente studio, che ha mero carattere di riferimento pianificatorio, si limita alle informazioni cartografiche e sismiche provenienti dagli studi di pianificazione territoriale, compresi gli Studi di MS di I e II livello, e su dati tabellari.

Per il comportamento dinamico sotto azioni sismiche (decadimento del modulo di taglio normalizzato G/G_0 e dello smorzamento D con la deformazione) dei vari strati di sottosuolo identificati sono state utilizzate le curve ricavate dalla letteratura scientifica e tabellate in EERA. Tutti i terreni sono stati catalogati in tre categorie: sabbie/ghiaie, limi/argille e bedrock; in caso di differenza nella composizione granulometrica e nel grado di coesione/addensamento i diagrammi descrittivi dei parametri elastici potrebbero introdurre semplificazioni pronunciate. Mancando misure sperimentali non si è tenuto conto degli stati tensionali effettivamente presenti nel sottosuolo del sito in esame.

Per quanto riguarda il bedrock sismico, non avendo un riscontro diretto in termini di stratigrafie di prospezioni dirette, è stato invertito in genere alla profondità di superamento del valore di 800 m/s del campo di velocità delle onde di taglio desunto da misure locali con tecnica ReMi.

6.4.3 Definizione delle azioni sismiche in ingresso

Nelle applicazioni sismiche dell'ingegneria geotecnica l'esigenza di una corretta descrizione dell'input sismico risulta un aspetto cruciale, considerando che i sistemi geotecnici sono maggiormente influenzati da caratteristiche peculiari quali durata, contenuto in frequenza, valori massimi di accelerazione e spostamento. A tale proposito è ampiamente riconosciuto che gli accelerogrammi naturali sono dotati un più realistico contenuto in frequenze e numero di cicli. La superiorità degli accelerogrammi naturali rispetto a quelli artificiali e sintetici è rimarcata del resto anche dalla NTC 2008.

Per la raccolta degli accelerogrammi di input sismico è stata impiegata la versione 3.5 del software REXEL (Iervolino *et al.*, 2009). REXEL permette la ricerca di combinazioni di accelerogrammi naturali compatibili con gli spettri in accelerazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC '08), dell'EUROCODICE 8 o definiti dall'utente arbitrariamente. Gli accelerogrammi possono anche rispecchiare caratteristiche di sorgente di interesse in termini di magnitudo, distanza epicentrale e misure d'intensità del terremoto. Le registrazioni accelerometriche contenute in REXEL sono quelle dell'European Strong Motion Database (ESD; Ambraseys *et al.*, 2002), quelle dello Italian Accelerometric Archive (ITACA), o del database con records da tutto il mondo: Selected Input Motions for Displacement-Based Assessment and Design (SIMBAD).

Ai fini del presente studio è stata utilizzata la banca dati ESDB (<http://www.isesd.cv.ic.ac.uk/ESD/>). Gli accelerogrammi naturali sono stati tutti scalati.

Parametri comuni ai cinque siti investigati (da CM-01 a CM-05)

Gli accelerogrammi naturali sono stati selezionati attraverso REXEL 3.5 dall'archivio nazionale ESDB (<http://www.isesd.hi.is/ESD-local/Database/Database.htm>) la cui interrogazione ha visto le seguenti limitazioni.

- Magnitudo momento: $4 < M < 6.5$
- Distanza epicentrale (Repi): $R < 25$ km
- Sito di registrazione: sottosuolo di categoria A ($V_s > 800$ m/s)

Per quanto riguarda la pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale è stato ricavato il parametro dell'accelerazione massima attesa con una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni su suolo rigido e pianeggiante.

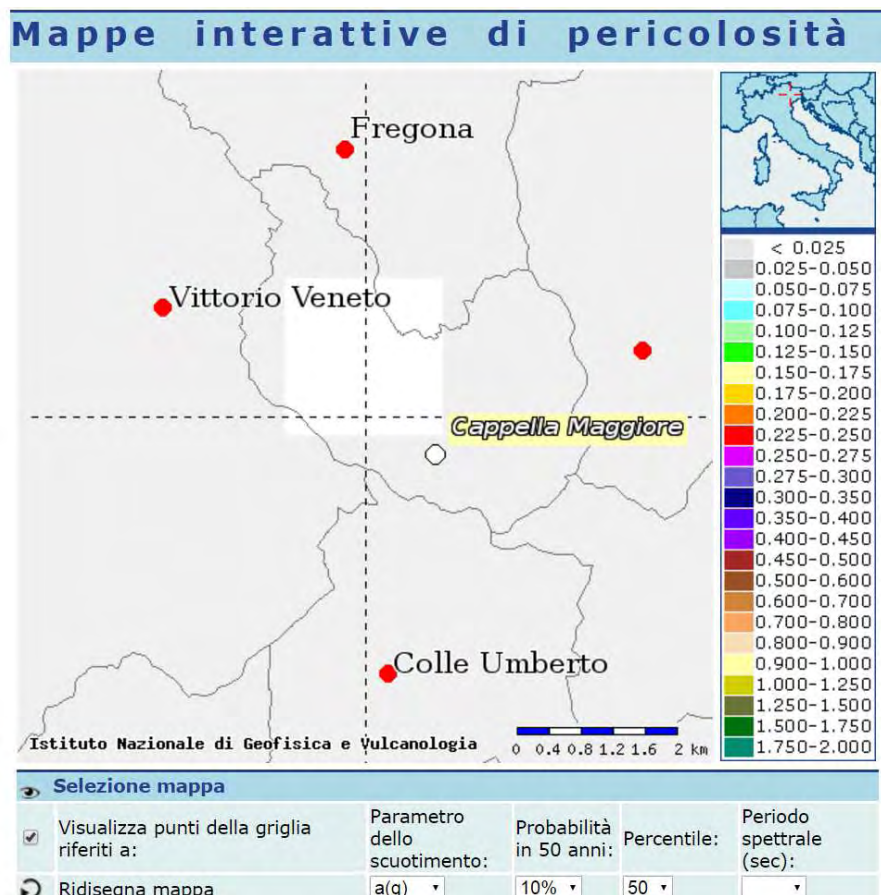


Figura 16-Valore di a(g) desunto dalle mappe interattive di pericolosità

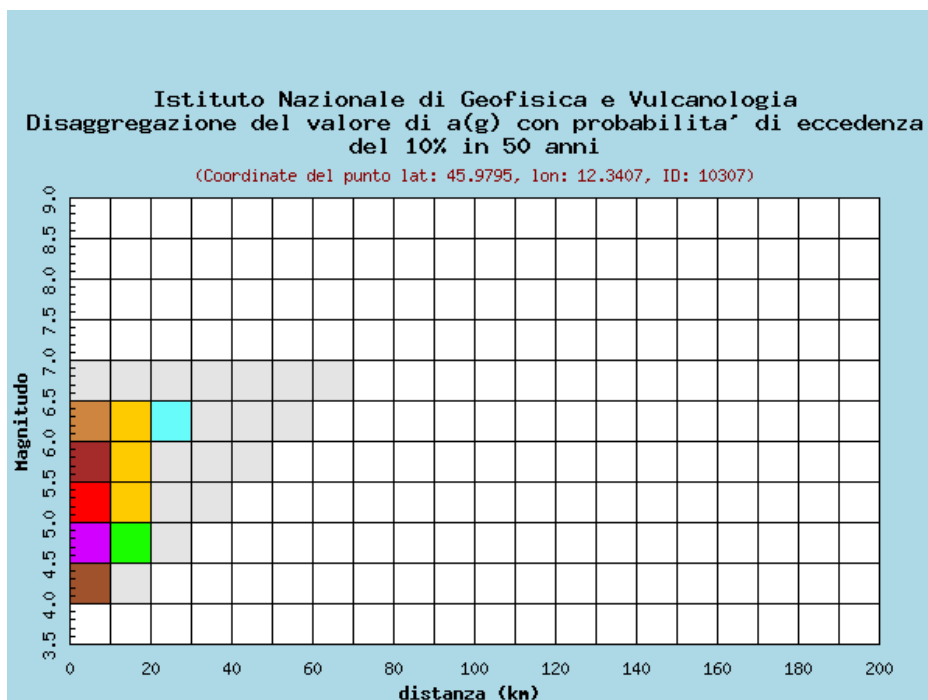


Figura 17-Rapporto magnitudo/distanza

Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilit� di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 45.9795, lon: 12.3407, ID: 10307)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	10.400	24.500	19.500	13.000	7.450	0.981	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	0.558	3.000	5.020	5.830	5.290	0.903	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.000	0.010	0.350	0.992	1.430	0.307	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.000	0.001	0.089	0.279	0.074	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.044	0.017	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.290	7.440	0.878

Tabella 12 -Disaggregazione del valore di a(g) con probabilit  di eccedenza del 10% in 50 anni

SITO CM-01

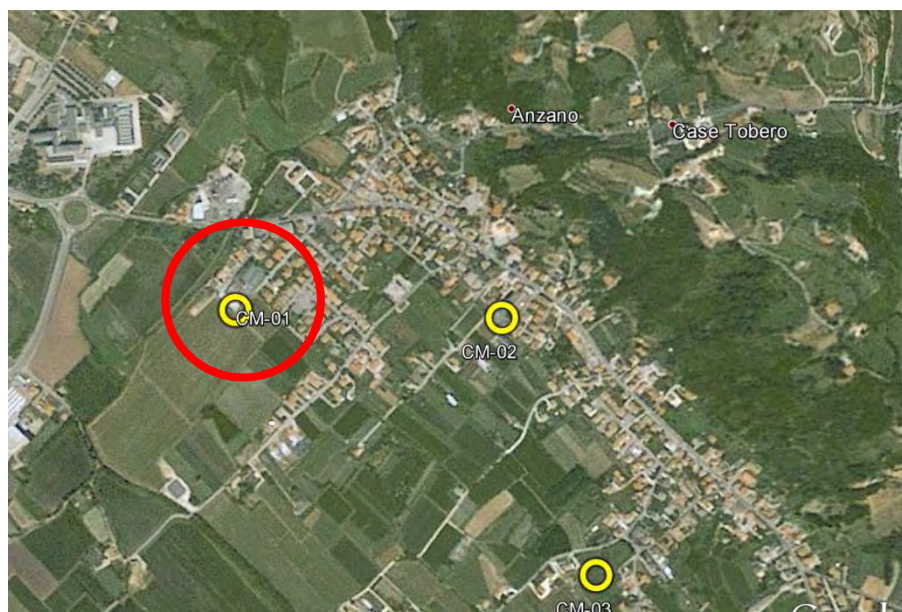


Figura 18 – Ubicazione del sito CM-01

Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw	Fault Mechanism	Epicentral Distance [km]
342	307	ST124	Cazulas	24/06/1984	4.9	oblique	24
7142	2309	ST539	Bingol	01/05/2003	6.3	strike slip	14
292	146	ST98	Campano Lucano	23/11/1980	6.9	normal	25
1891	651	ST1320	Kranidia	25/10/1984	5.5	?	23
55	34	ST20	Friuli	06/05/1976	6.5	thrust	23
6335	2142	ST2557	South Iceland (aftershock)	21/06/2000	6.4	strike slip	15
4674	1635	ST2486	South Iceland	17/06/2000	6.5	strike slip	5
mean:					6.142857143		18.42857143

Waveform ID	PGA_X [m/s^2]	PGA_Y [m/s^2]	PGV_X [m/s]	PGV_Y [m/s]	ID_X	ID_Y	Np_X	Np_Y	EC8 Site class
342	0.1501	0.1735	0.0139	0.0089	55.538	78.634	0.72104	0.50194	A
7142	50.514	29.178	0.336	0.2097	73.341	84.263	0.64556	0.85171	A
292	0.5878	0.5876	0.0436	0.0585	16.351	137.949	0.65537	1.162	A
1891	0.3488	0.2552	0.0107	0.0227	80.673	44.419	0.77818	0.61965	A
55	34.985	30.968	0.2061	0.3262	69.175	72.301	0.56953	0.68607	A
6335	12.481	11.322	0.1659	0.1083	64.075	70.906	0.78039	0.61902	A
4674	31.176	33.109	0.6122	0.2377	40.709	98.457	0.79545	0.58565	A

Tabella 13 - Accelerogrammi naturali in ingresso (ESDB)

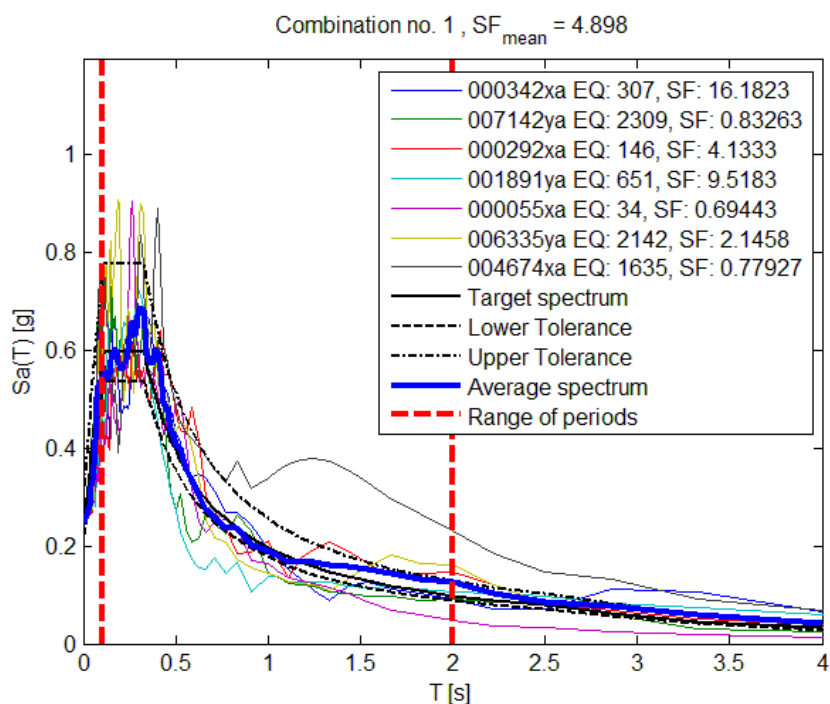


Figura 19 - Spettri in accelerazione relativi agli accelerogrammi naturali e spettro target (NTC_A per SLV)

	Layer Number	Soil Material Type	Number of sublayers in layer	Thickness of layer (m)	Maximum shear modulus G_{max} (MPa)	Initial critical damping ratio (%)	Total unit weight (kN/m^3)	Shear wave velocity (m/sec)	Location and type of earthquake input motion	Location of water table	Depth at middle of layer (m)	Vertical effective stress (kPa)
Surface	1	1		6.0	186.19		19.66	304.8			3.0	58.98
	2	2		12.0	327.24		20.45	396.24			12.0	240.64
Bedrock	3	0			2474.67	1	22.02	1050	Outcrop		18.0	363.32

Figura 20 – Modello geologico e profilo di velocità semplificati adottati per i calcoli

Waveform ID	Rapporto di amplificazione	Frequenza massima di amplificazione
342	1.000	0
7142	1.003	25
292	1.002	16
1891	1.003	15.850
55	1.000	0
6335	1.004	15.800
4674	1.004	15.800

Tabella 14 - Accelerogrammi naturali in ingresso (ESDB)

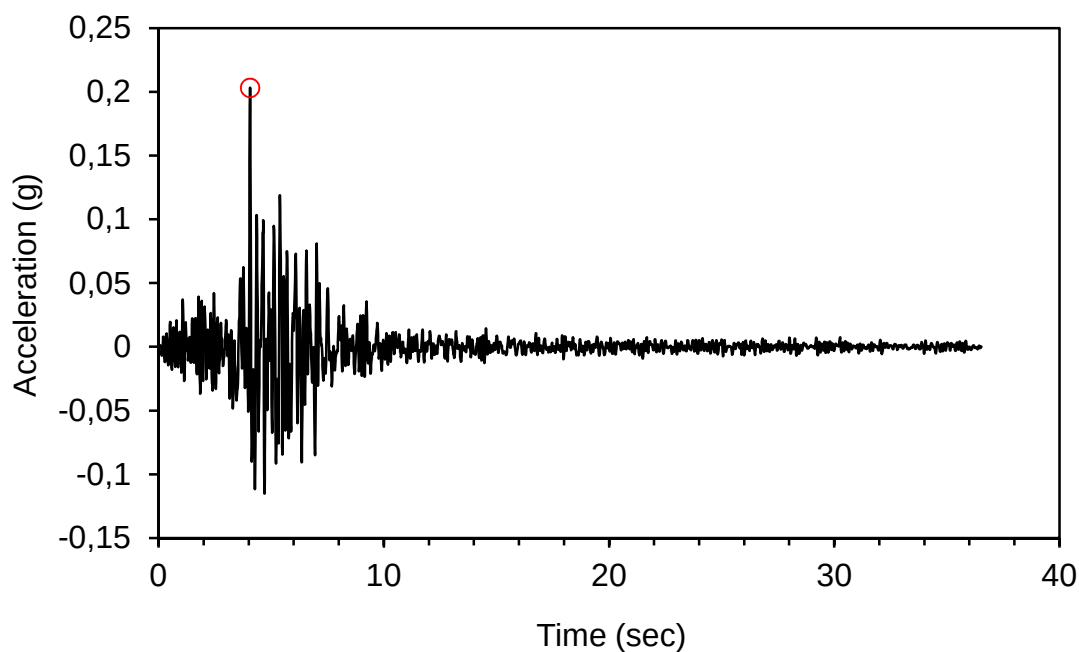


Figura 21 - Accelerazione alla superficie (waveform id 55).

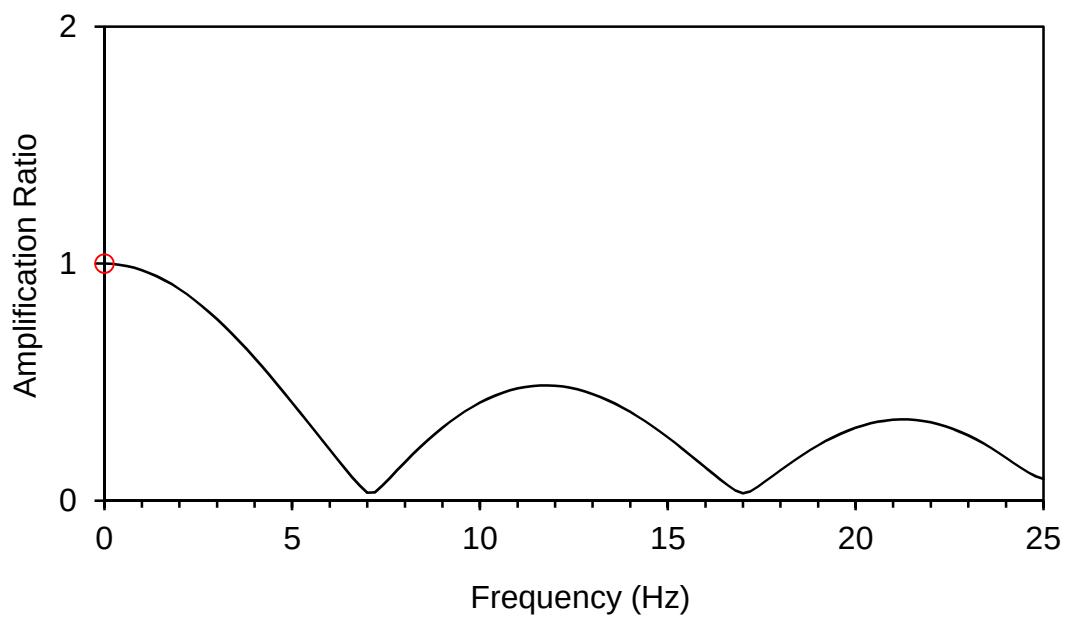


Figura 22 -Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 55)

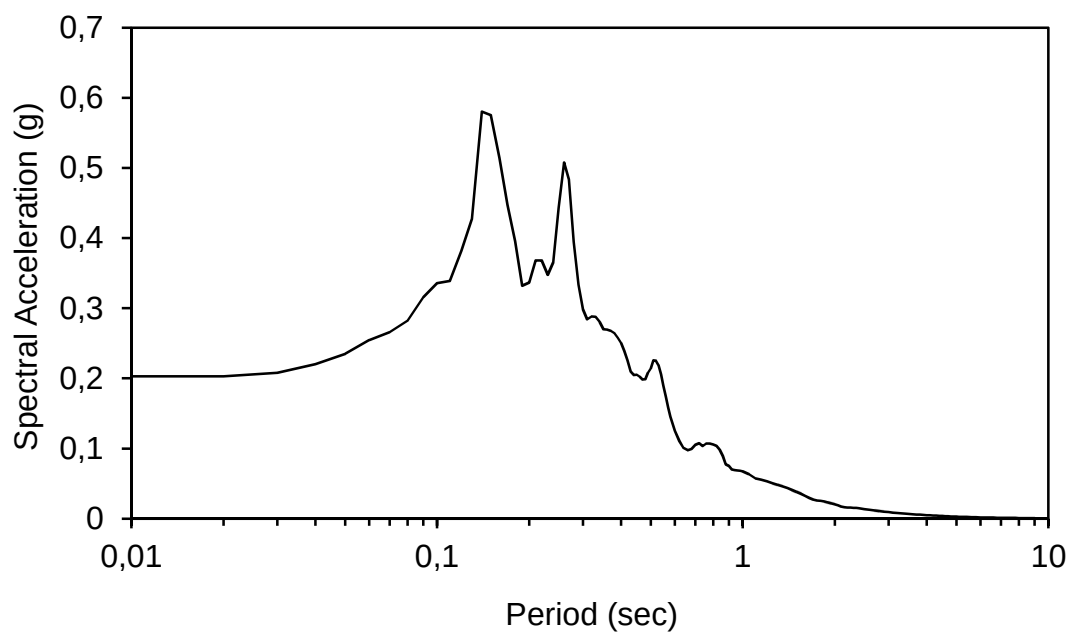


Figura 23 –Spettro di accelerazione di output (waveform id 55)

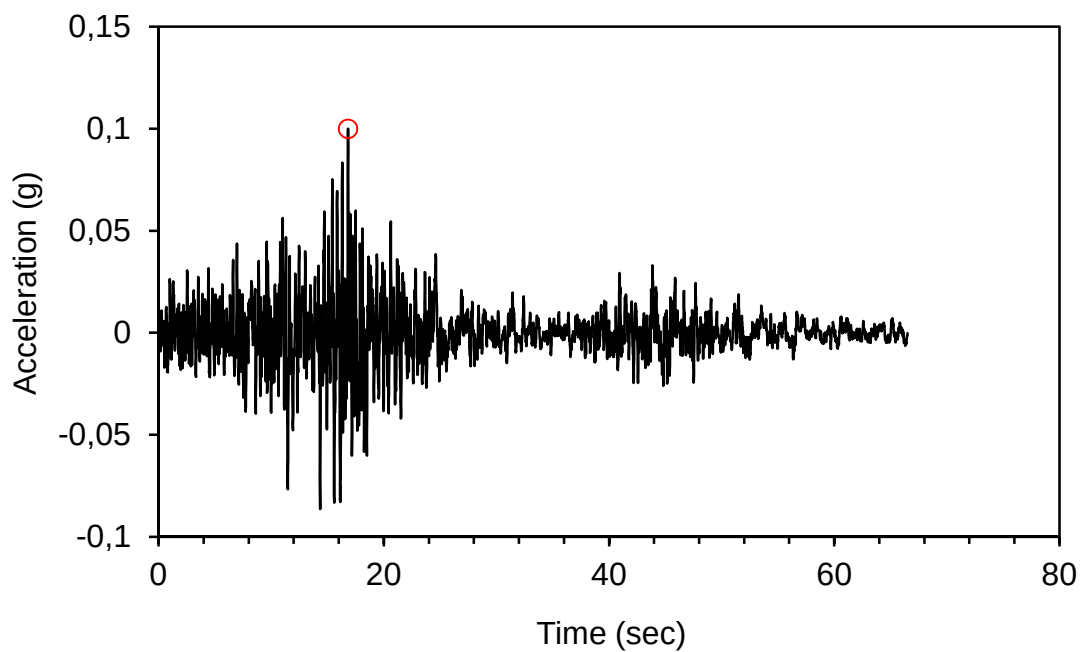


Figura 24 –Spettro di accelerazione di output (waveform id 292)

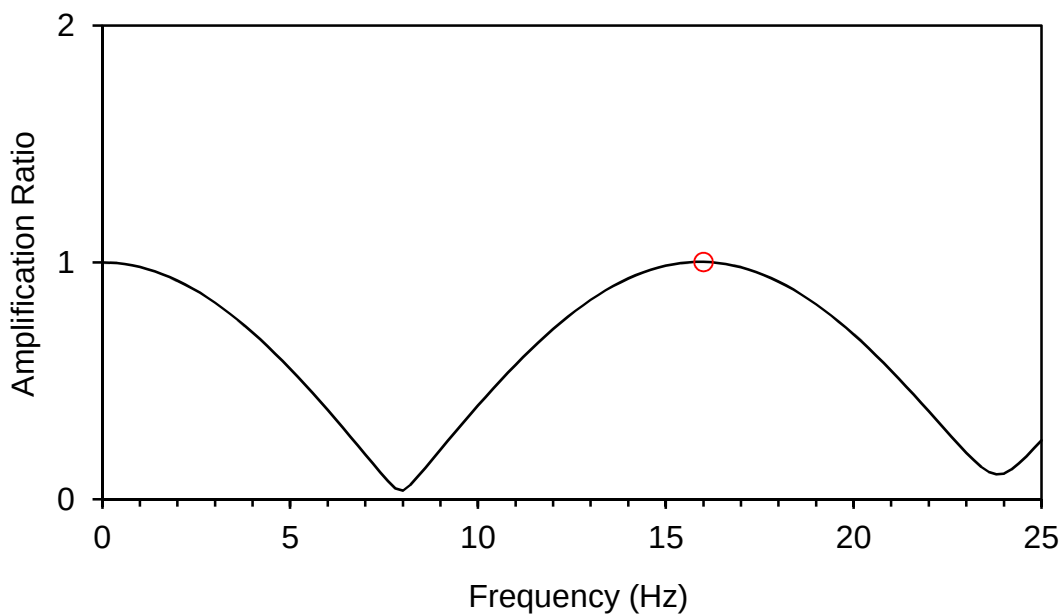


Figura 25 -Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 292)

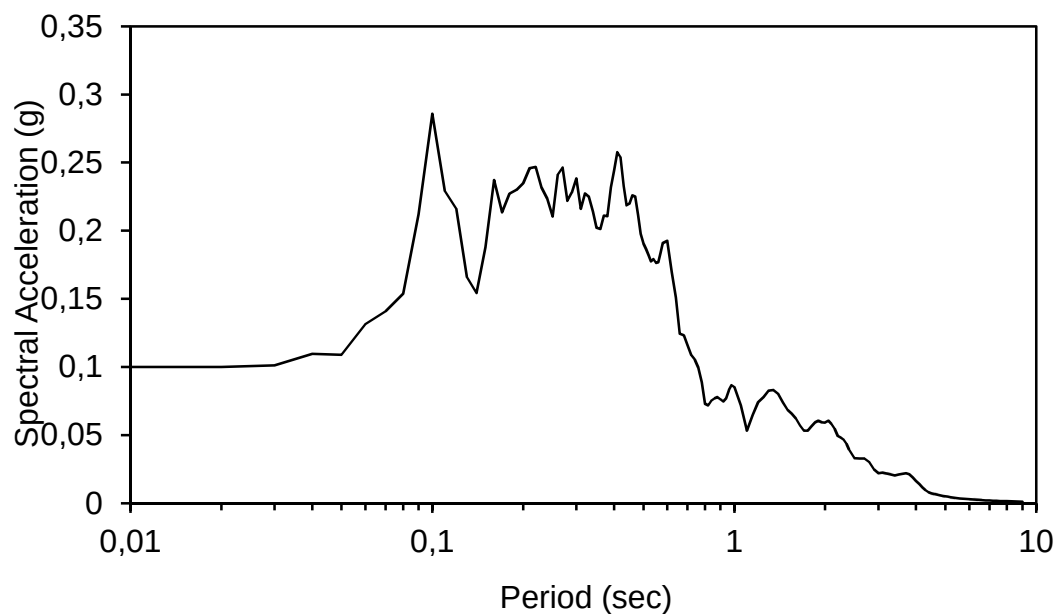


Figura 26 - Accelerazione alla superficie (waveform id 292).

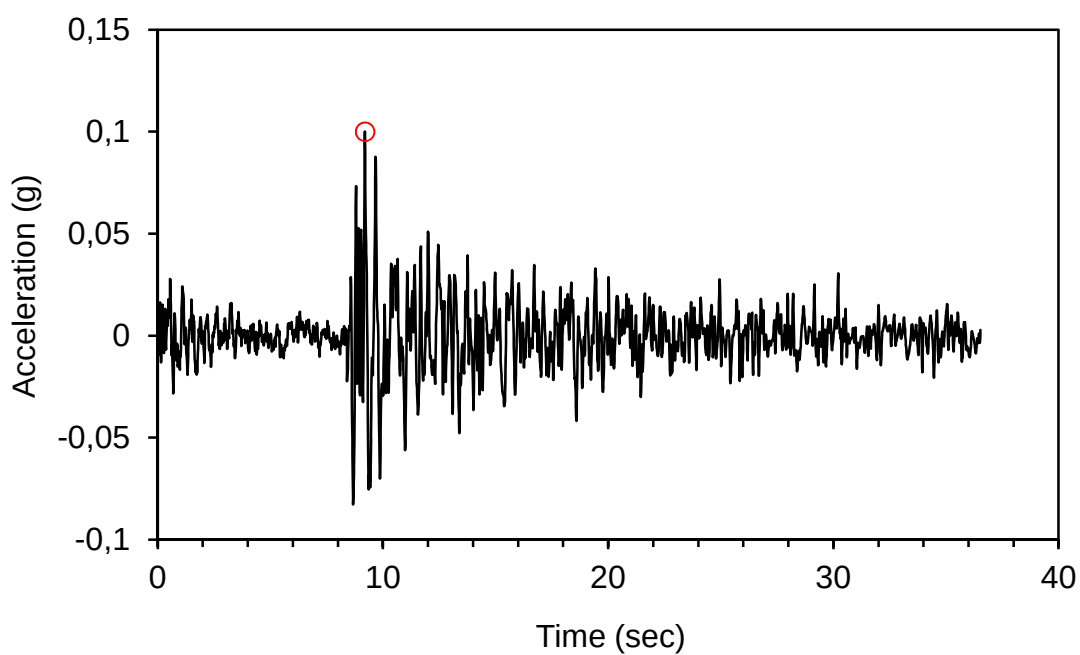


Figura 27 –Spettro di accelerazione di output (waveform id 342)

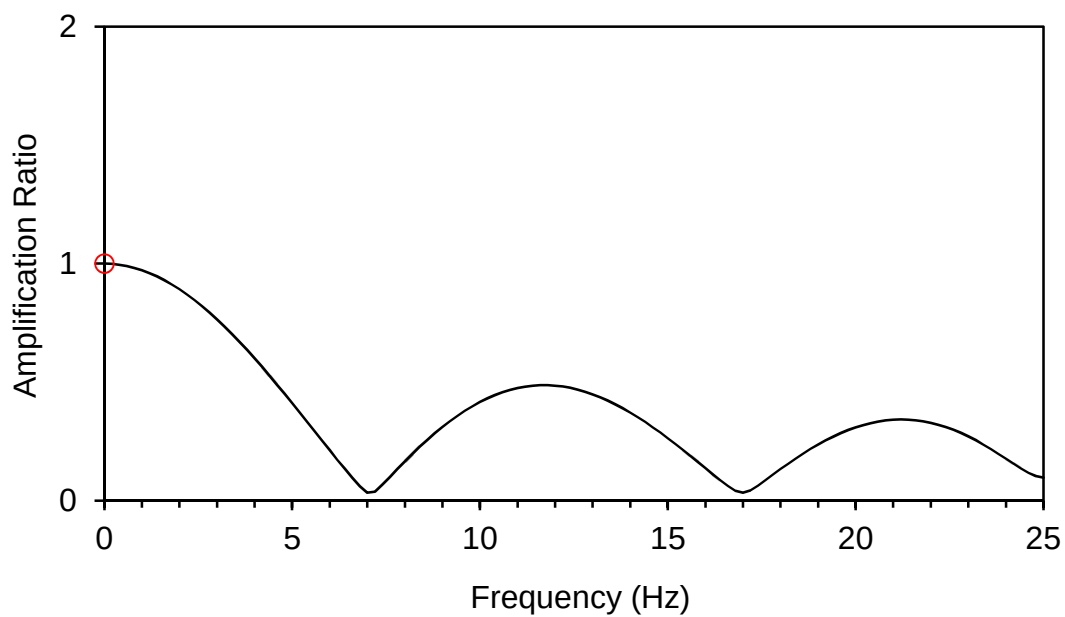


Figura 28 -Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 342)

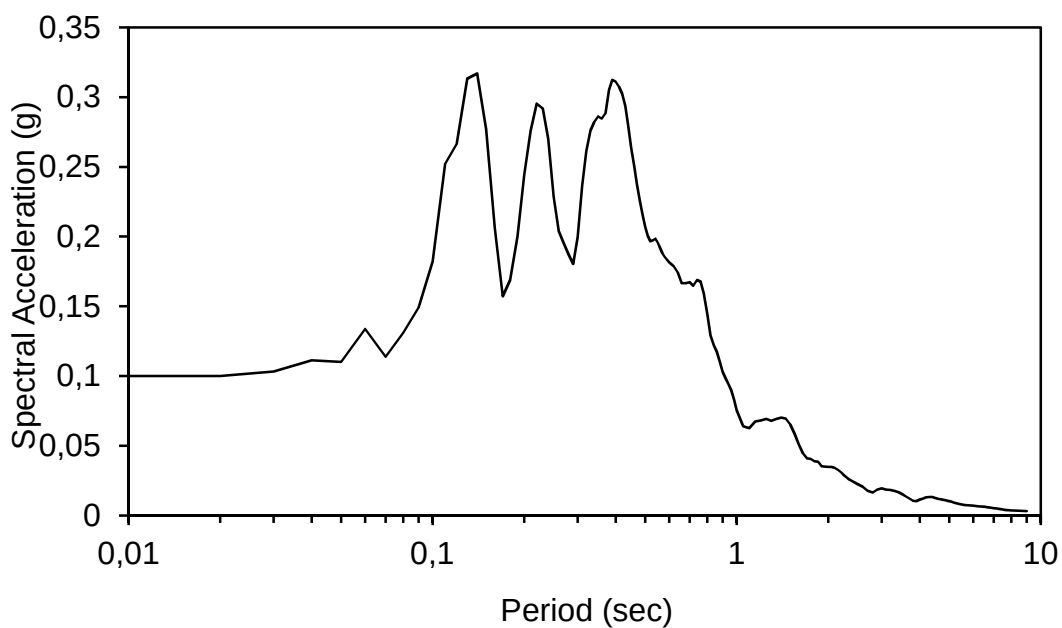


Figura 29 - Accelerazione alla superficie (waveform id 342).

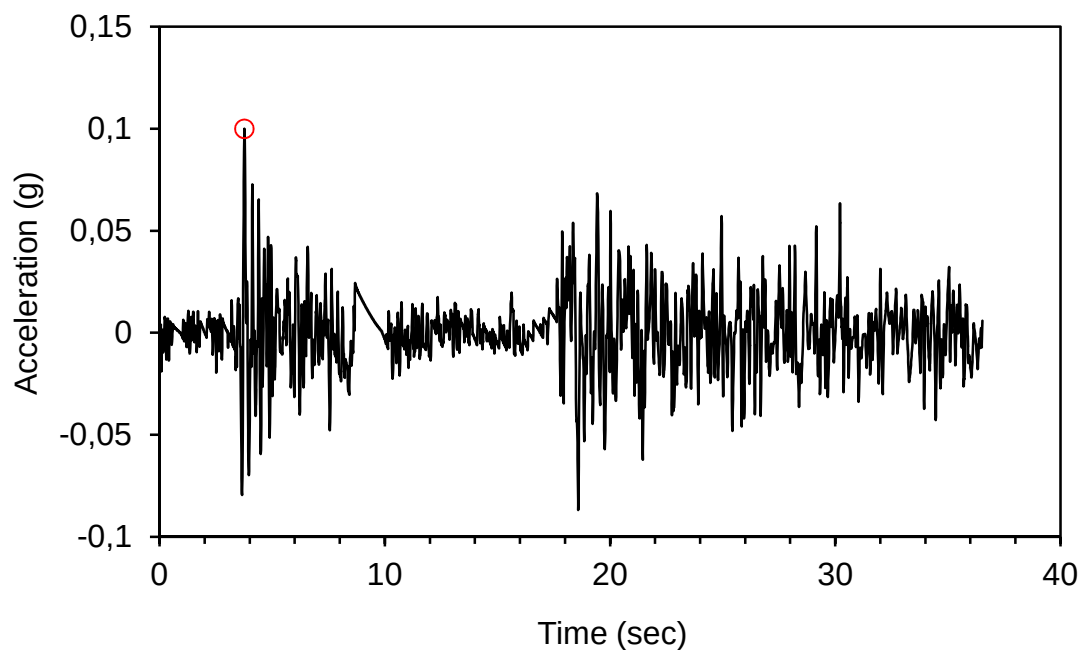


Figura 30 –Spettro di accelerazione di output (waveform id 1891)

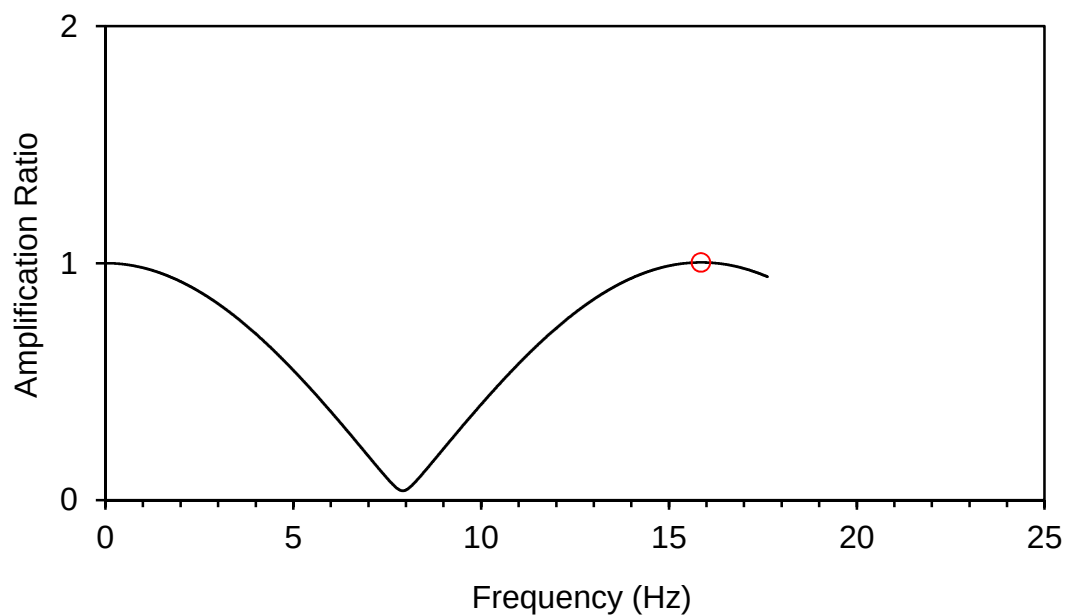


Figura 31 -Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 1891)

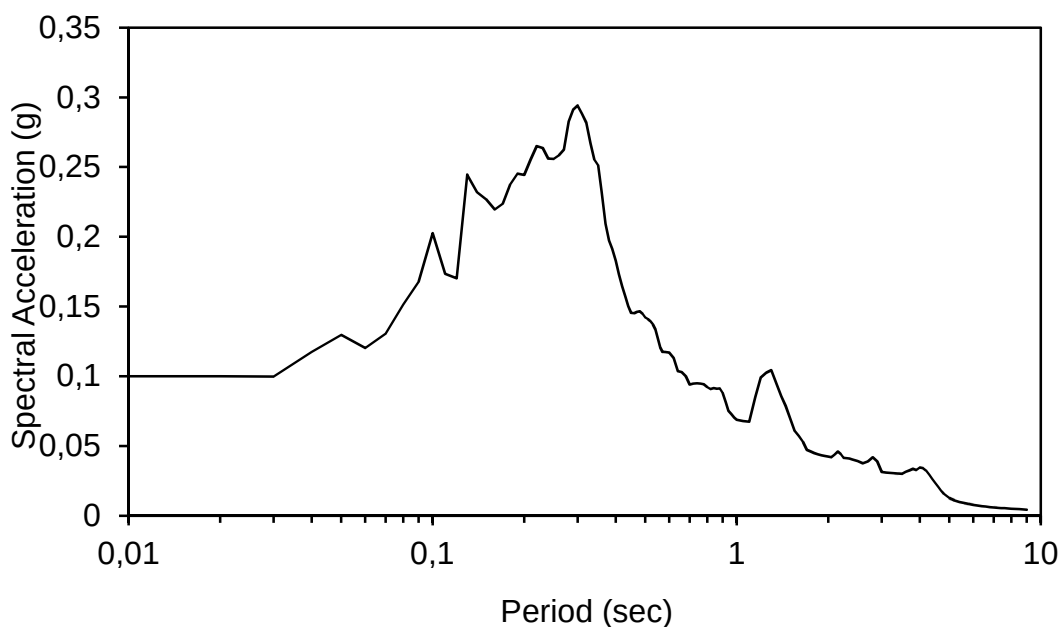


Figura 32 - Accelerazione alla superficie (waveform id 1891).

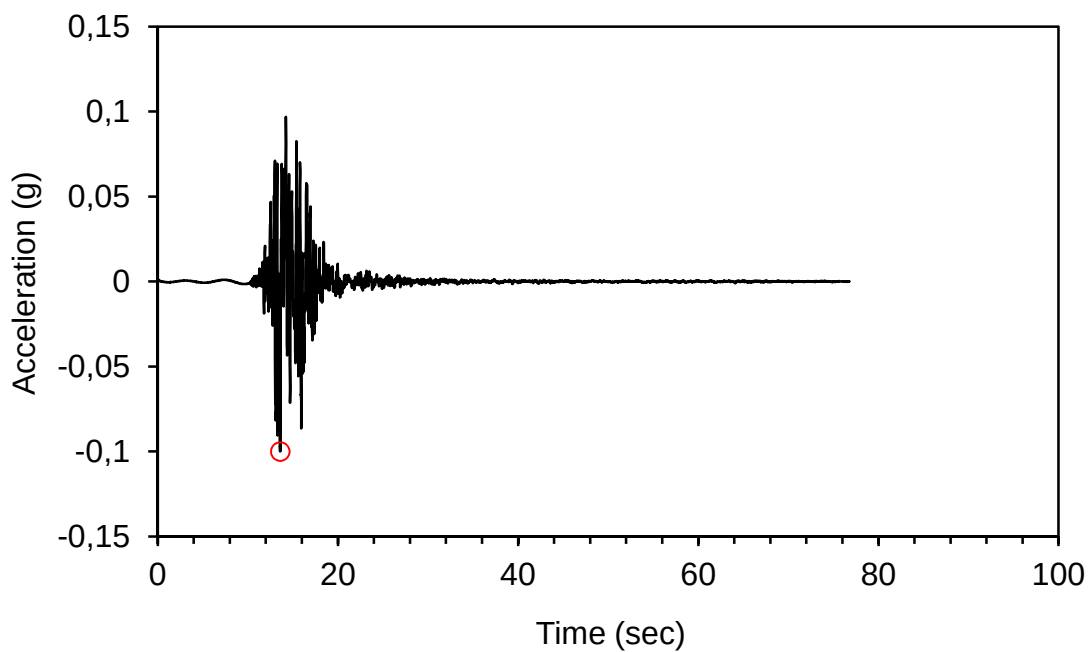


Figura 33 –Spettro di accelerazione di output (waveform id 4674)

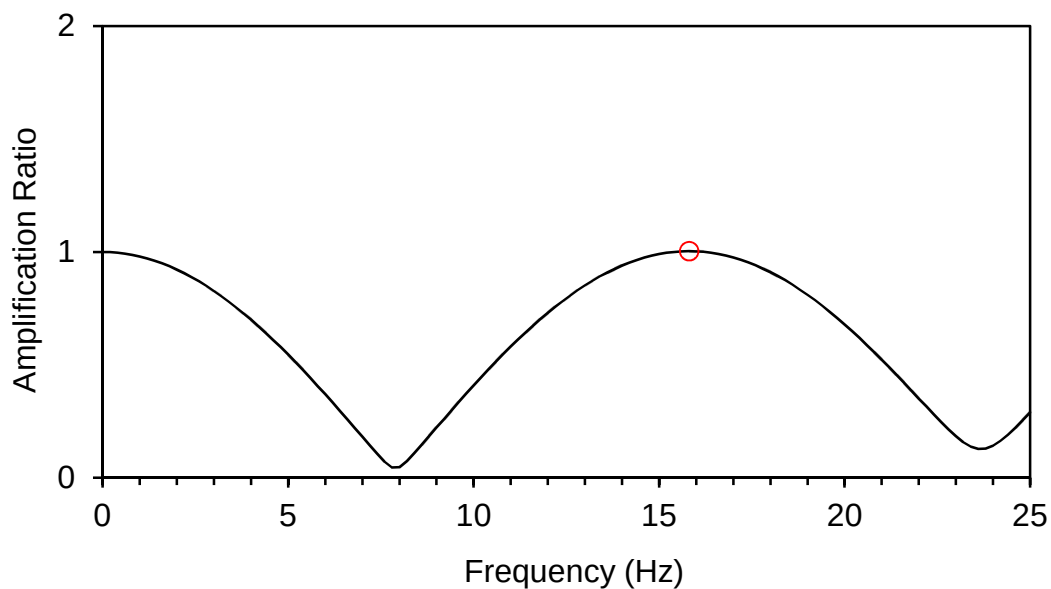


Figura 34 -Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 4674)

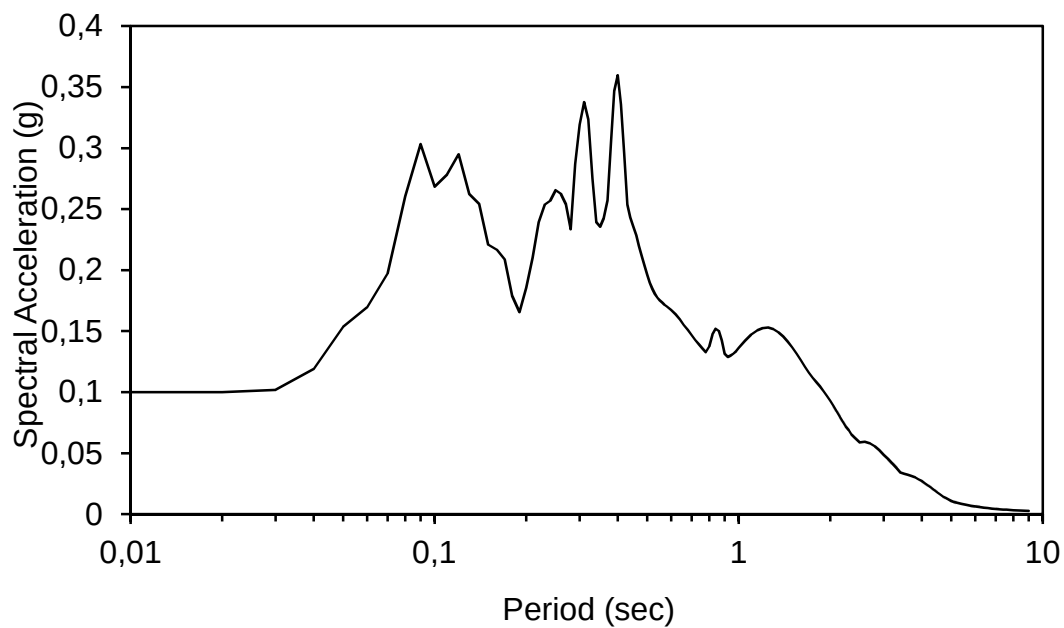


Figura 35 - Accelerazione alla superficie (waveform id 4674).

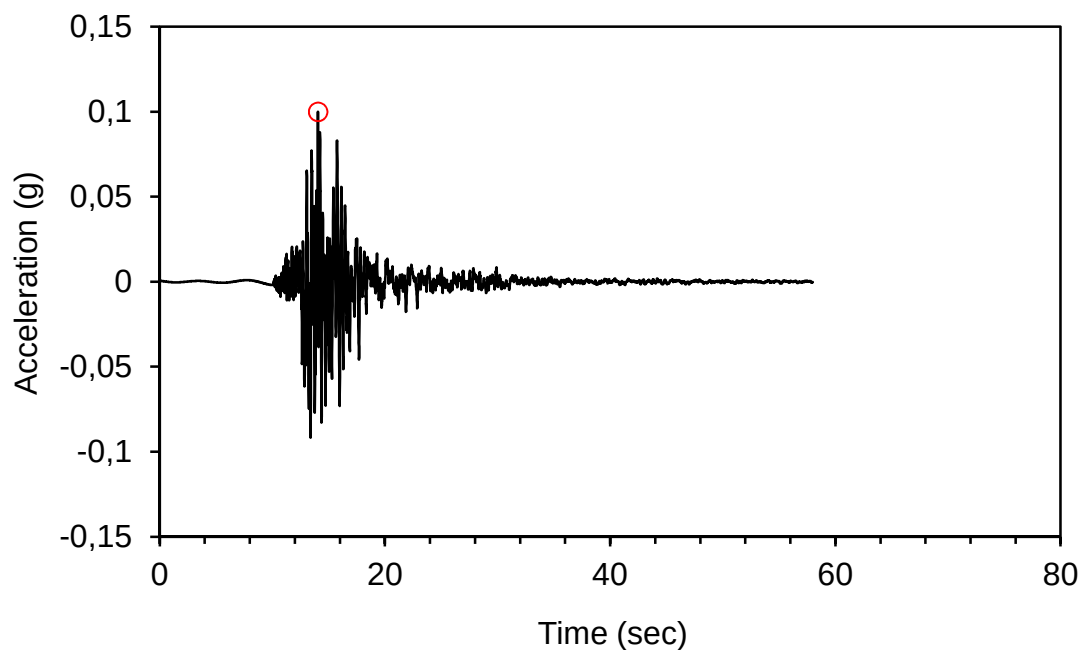


Figura 36 –Spettro di accelerazione di output (waveform id 6335)

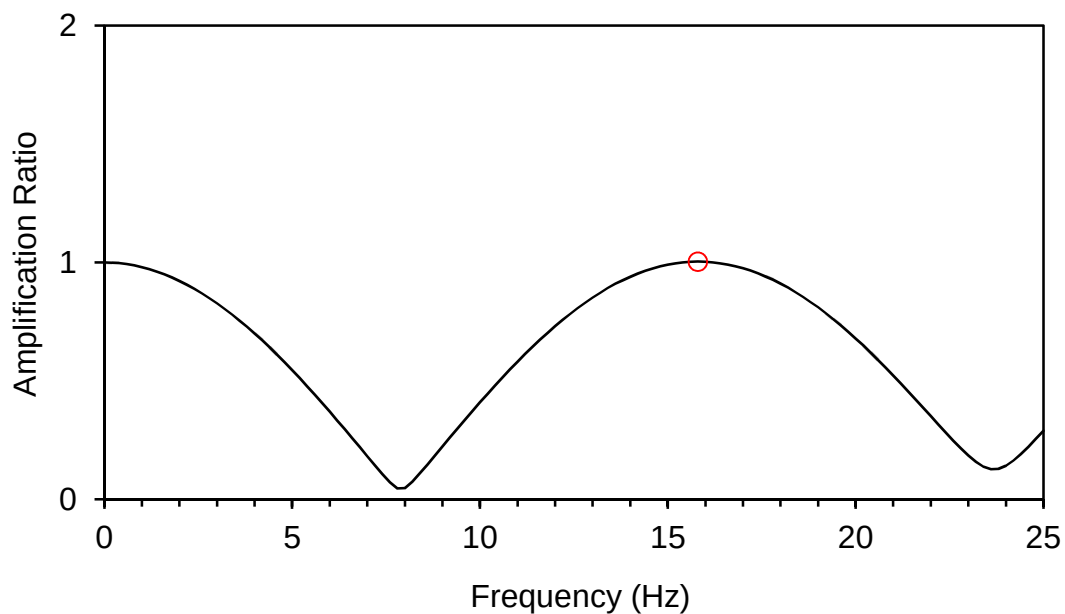


Figura 37 -Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 6335)

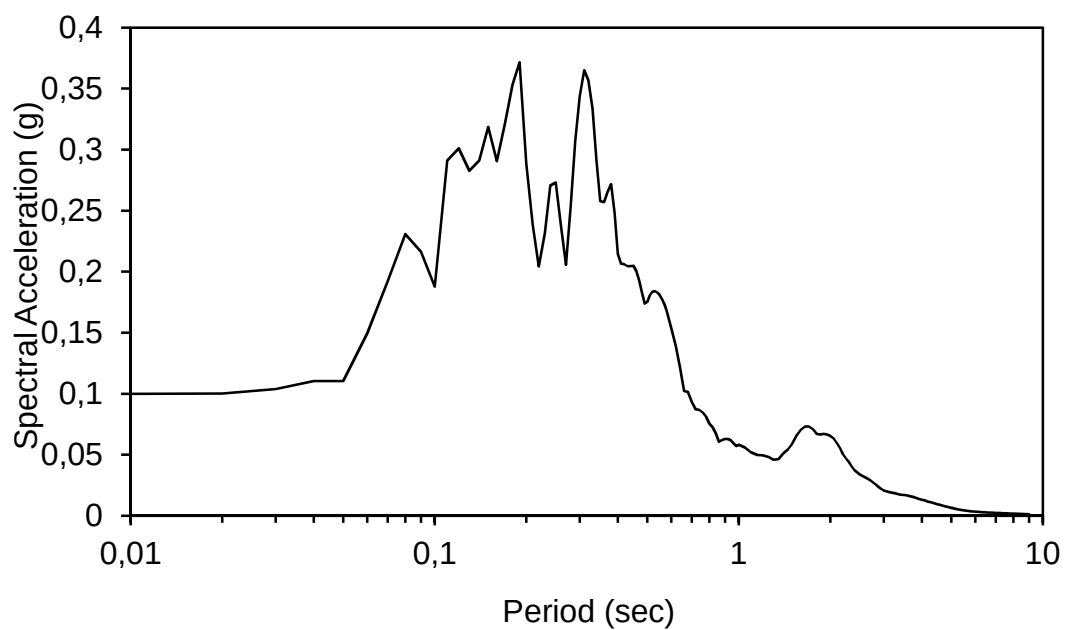


Figura 38 - Accelerazione alla superficie (waveform id 6335).

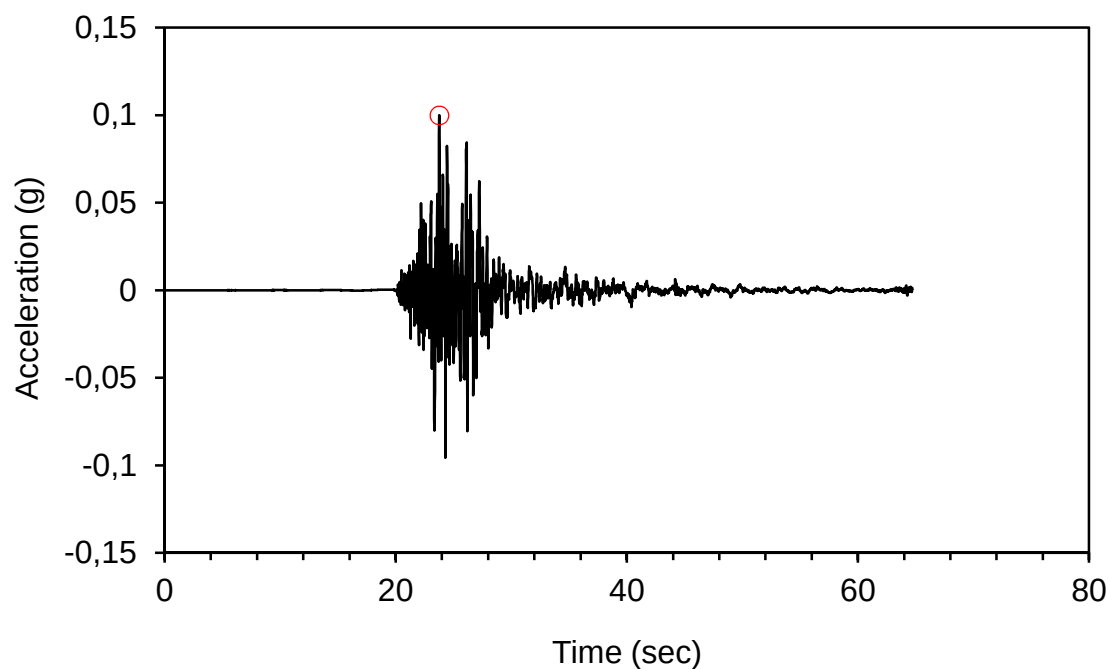


Figura 39 –Spettro di accelerazione di output (waveform id 7142)

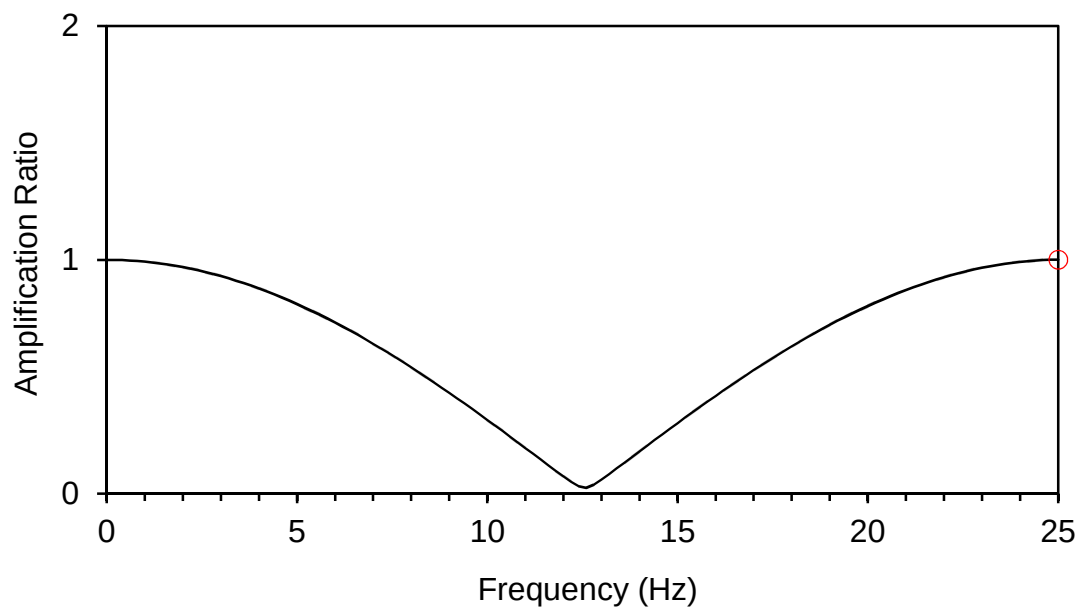


Figura 40 -Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 7142)

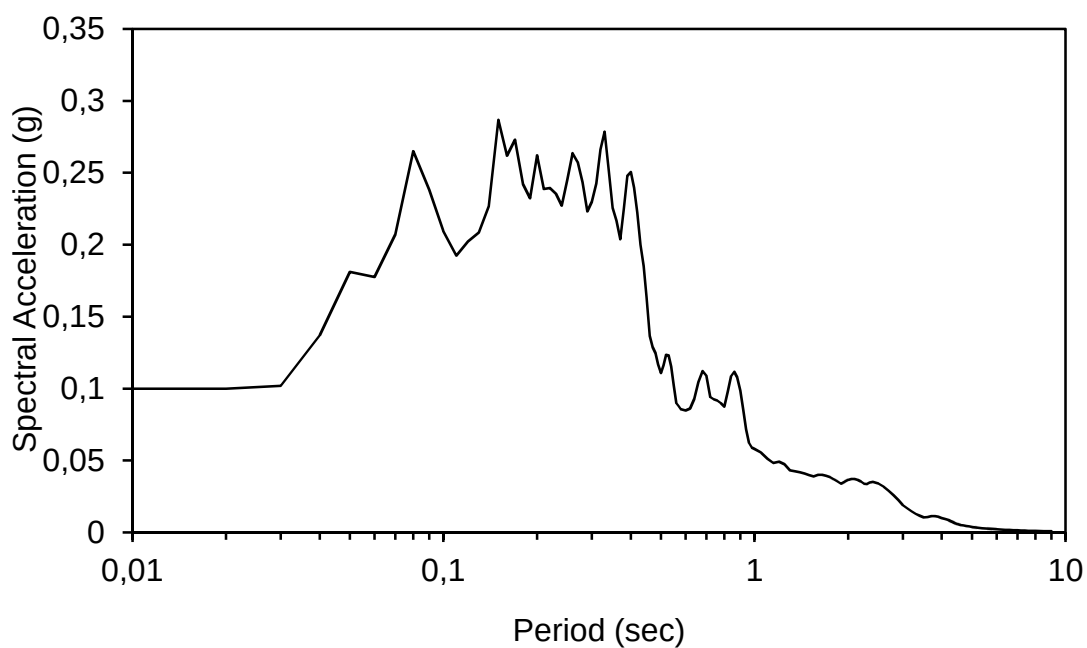


Figura 41 - Accelerazione alla superficie (waveform id 7142).

SITO CM-02



Figura 42 – Ubicazione del sito CM-02

Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw	Fault Mechanism	Epicentral Distance [km]
342	307	ST124	Cazulas		4.9	oblique	24
7142	2309	ST539	Bingol		6.3	strike slip	14
1891	651	ST1320	Kranidia		5.5	?	23
368	175	ST143	Lazio Abruzzo		5.9	normal	22
6332	2142	ST2483	South Iceland (aftershock)		6.4	strike slip	6
6335	2142	ST2557	South Iceland (aftershock)		6.4	strike slip	15
4674	1635	ST2486	South Iceland		6.5	strike slip	5
mean:					5.985714		15.57143

Waveform ID	PGA_X [m/s^2]	PGA_Y [m/s^2]	PGV_X [m/s]	PGV_Y [m/s]	ID_X	ID_Y	Np_X	Np_Y	EC8 Site class
342	0.1501	0.1735	0.0139	0.0089	55.538	78.634	0.72104	0.50194	A
7142	50.514	29.178	0.336	0.2097	73.341	84.263	0.64556	0.85171	A
1891	0.3488	0.2552	0.0107	0.0227	80.673	44.419	0.77818	0.61965	A
368	0.628	0.6706	0.0563	0.0385	70.298	90.898	0.9295	0.84769	A
6332	51.881	55.698	0.218	0.8303	66.884	20.632	0.70838	0.69452	A
6335	12.481	11.322	0.1659	0.1083	64.075	70.906	0.78039	0.61902	A
4674	31.176	33.109	0.6122	0.2377	40.709	98.457	0.79545	0.58565	A

Tabella 15 - Accelerogrammi naturali in ingresso (ESDB)

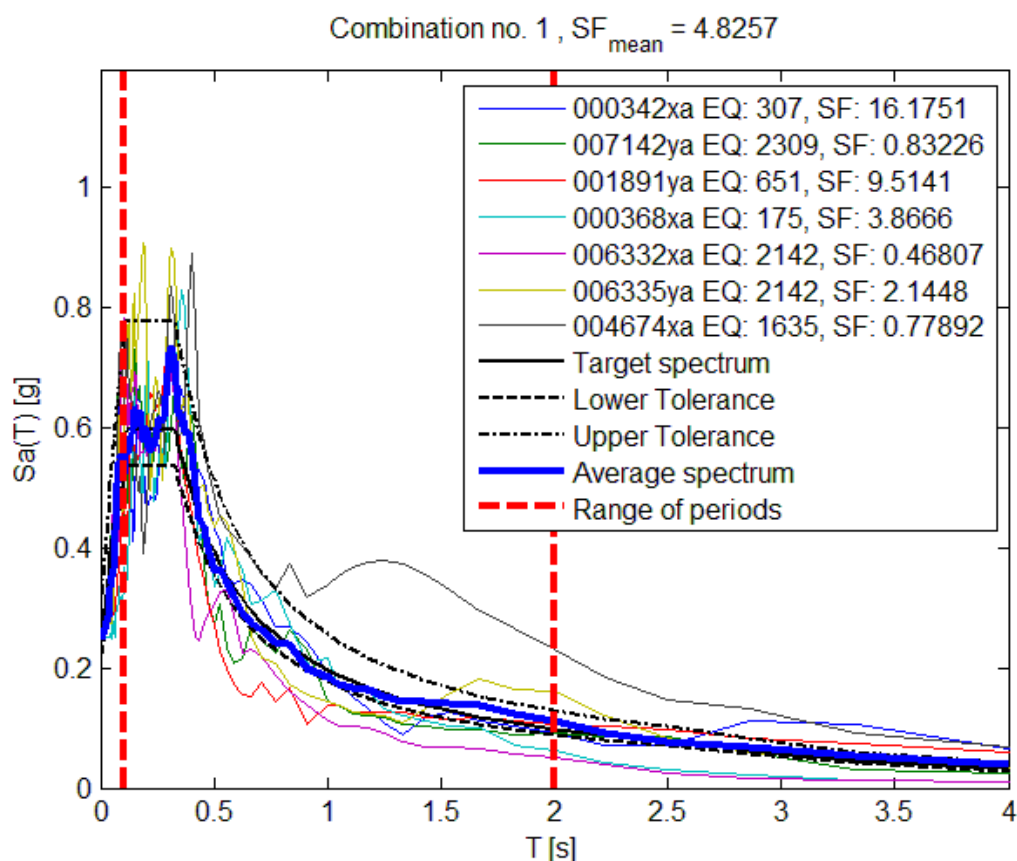


Figura 43 - Spettri in accelerazione relativi agli accelerogrammi naturali e spettro target (NTC_A per SLV)

Layer Number	Soil Material Type	Number of sublayers in layer	Thickness of layer (m)	Maximum shear modulus G_{max} (MPa)	Initial critical damping ratio (%)	Total unit weight (kN/m^3)	Shear wave velocity (m/sec)	Location and type of earthquake input motion	Location of water table	Depth at middle of layer (m)	Vertical effective stress (kPa)
Surface	1	1	2.0	114.68		18.00	250			1.0	18.00
Surface	2	2	10.0	715.60		19.50	600			7.0	133.50
Bedrock	3	0		2472.48	1	22.00	1050	Outcrop		12.0	231.00

Figura 44 – Modello geologico e profilo di velocità semplificati adottati per i calcoli

Waveform ID	Rapporto di amplificazione	Frequenza massima di amplificazione
342	1.000	0
7142	1.000	0
1891	1.000	0
368	1.000	0
6332	1.000	0
6335	1.000	0
4674	1.000	0

Tabella 16 - Accelerogrammi naturali in ingresso (ESDB)

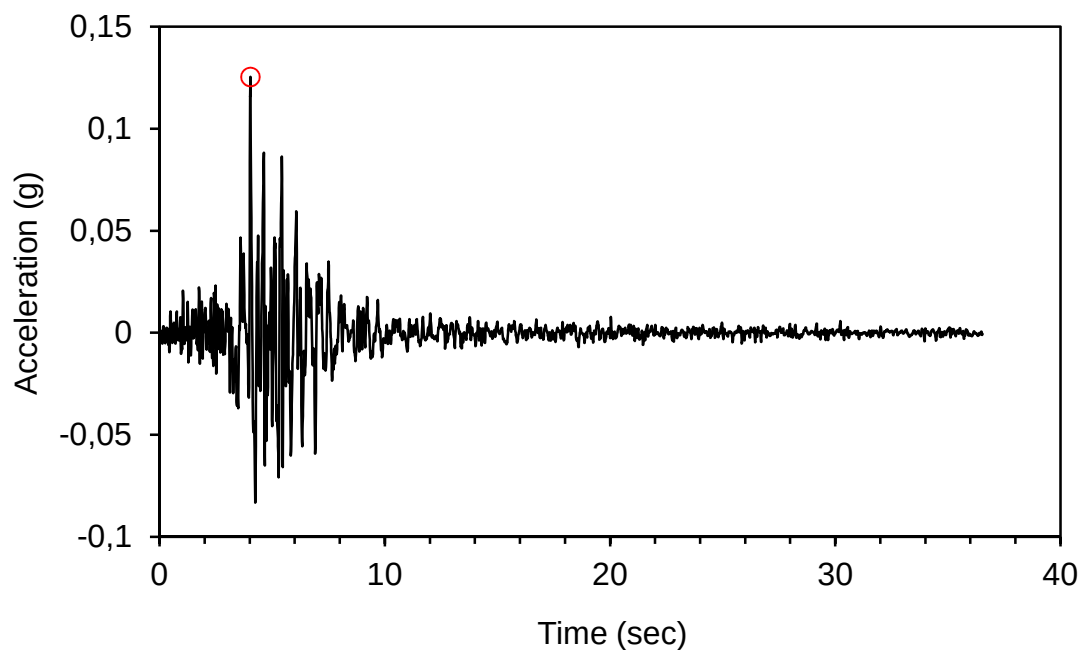


Figura 45 –Spettro di accelerazione di output (waveform id 342)

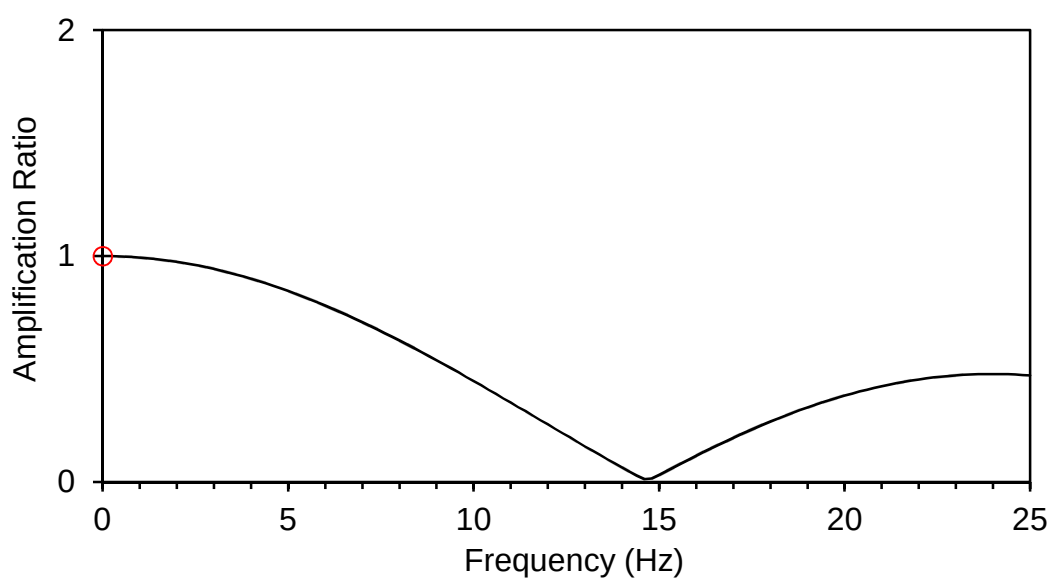


Figura 46 -Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 342)

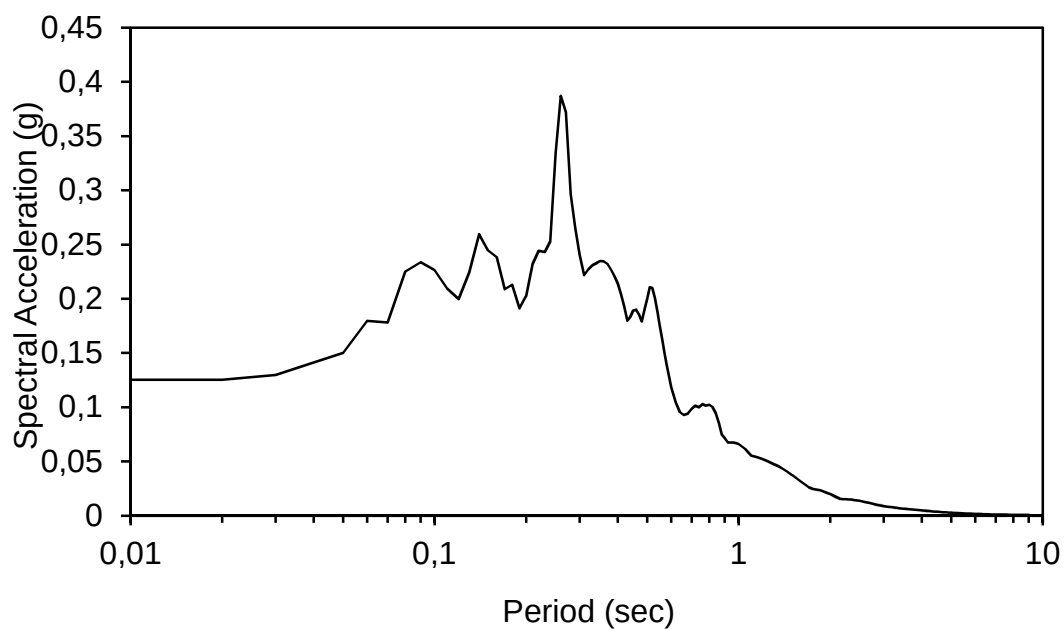


Figura 47 - Accelerazione alla superficie (waveform id 342)

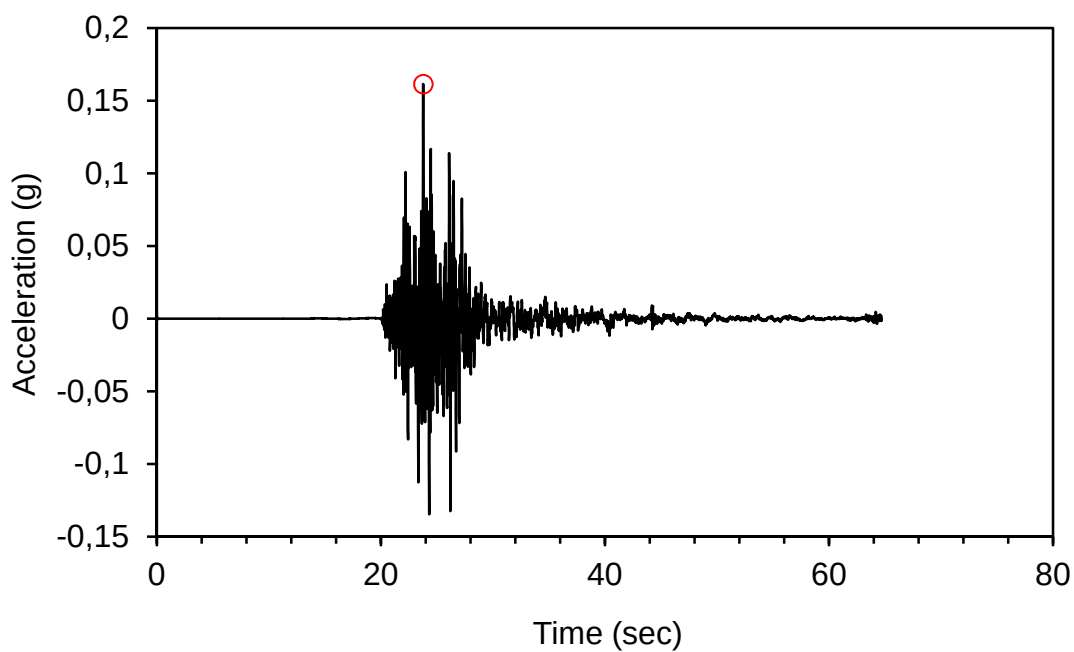


Figura 48 –Spettro di accelerazione di output (waveform id 7142)

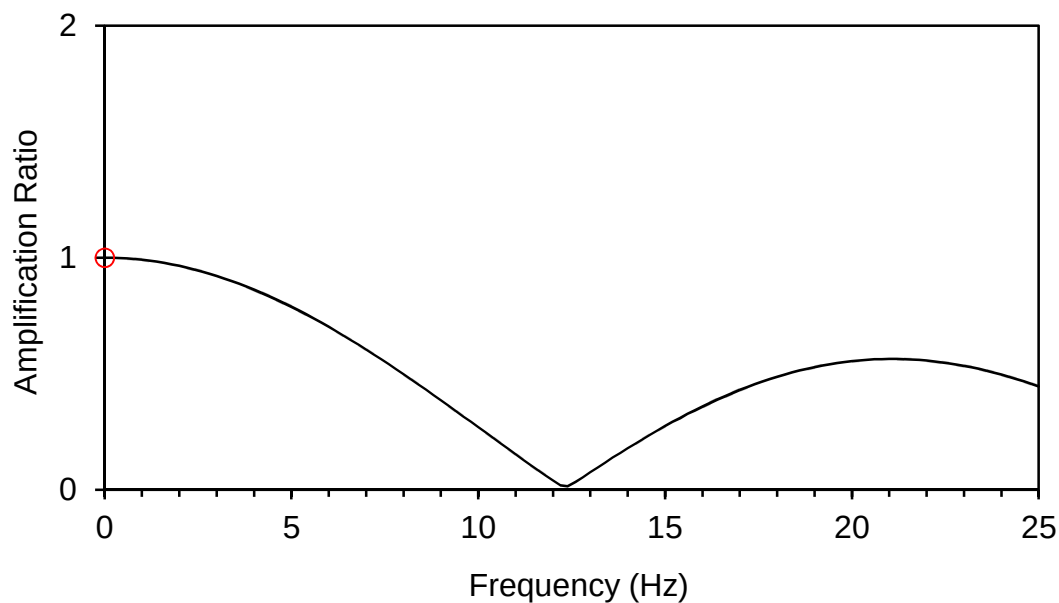


Figura 49 -Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 7142)

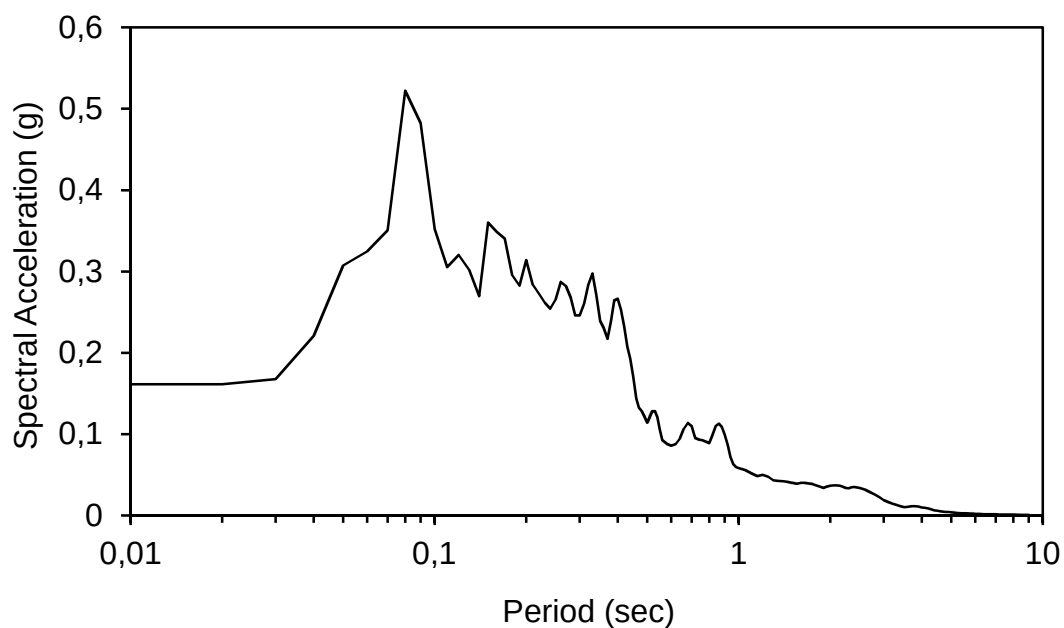


Figura 50 - Accelerazione alla superficie (waveform id 7142)

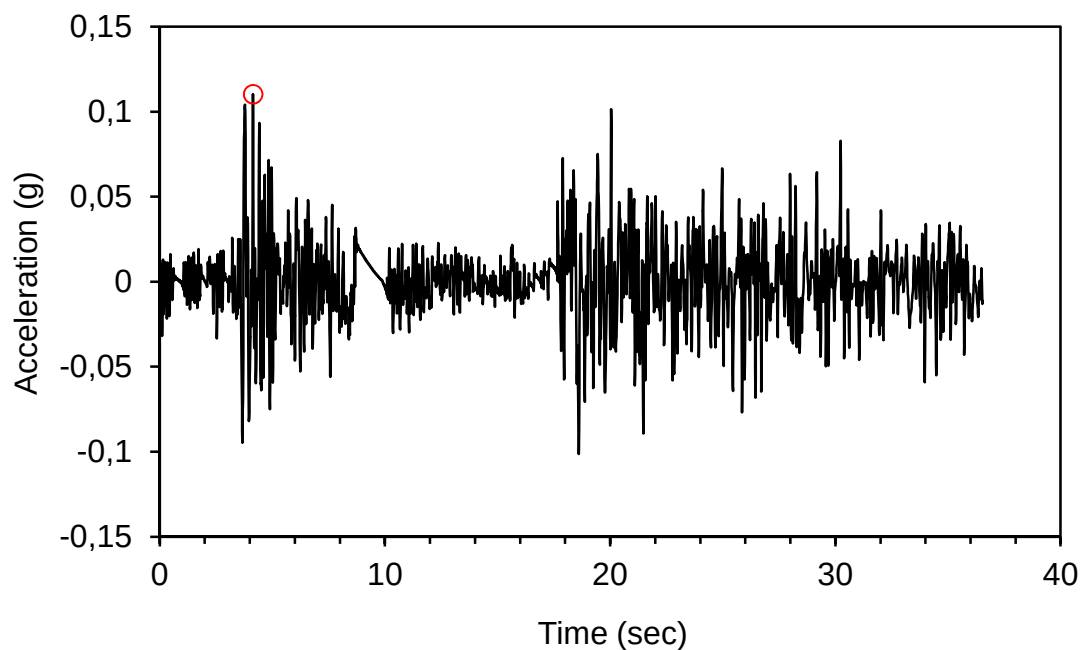


Figura 51 –Spettro di accelerazione di output (waveform id 1891)

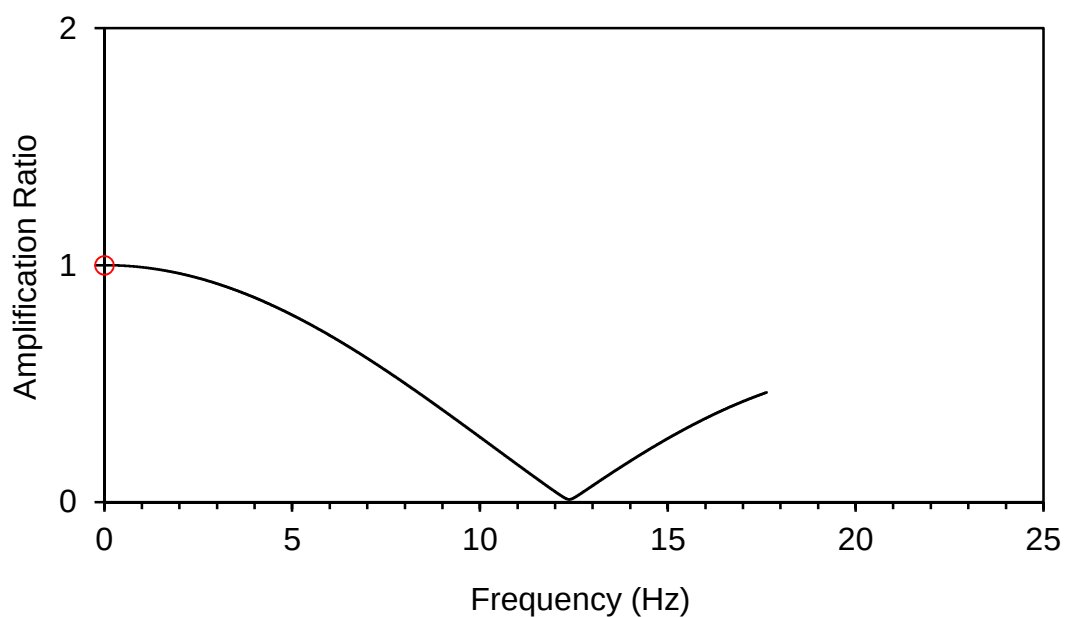


Figura 52 -Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 1891)

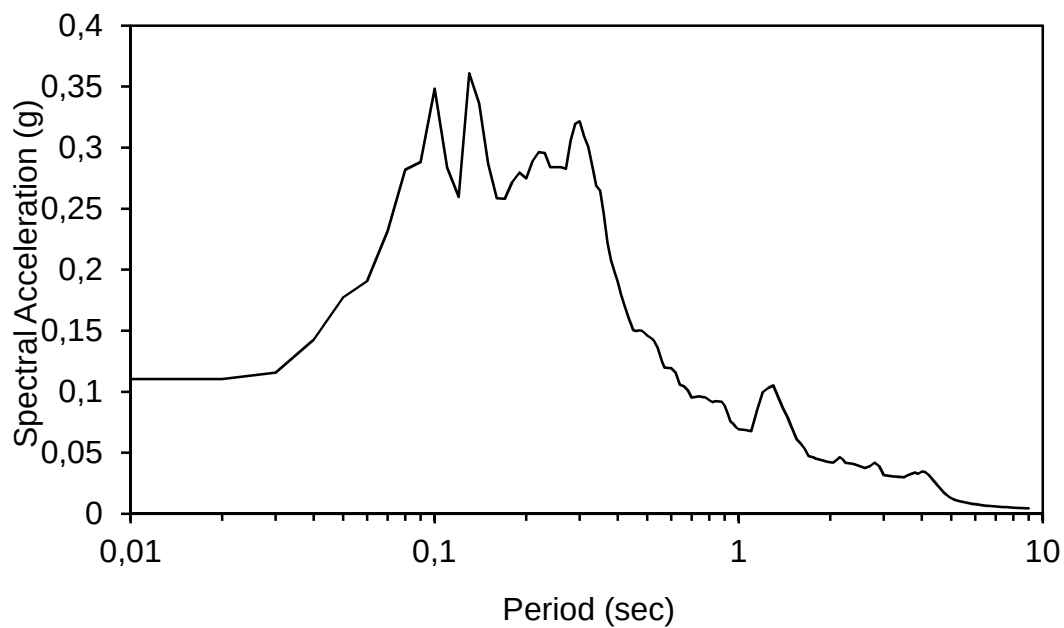


Figura 53 - Accelerazione alla superficie (waveform id 1891)

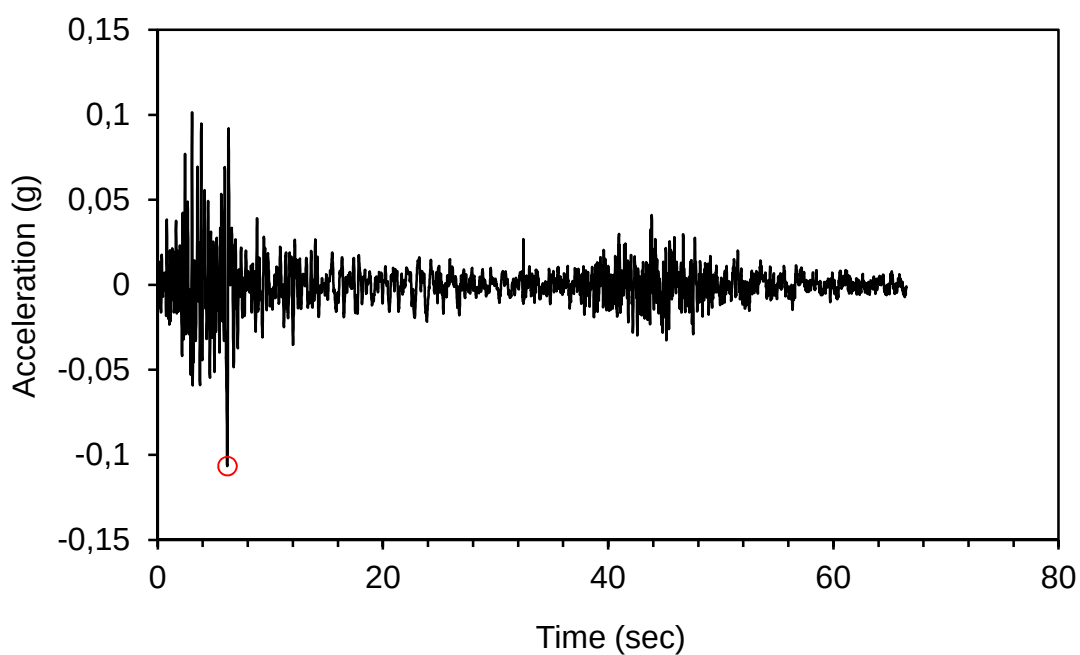


Figura 54 –Spettro di accelerazione di output (waveform id 368)

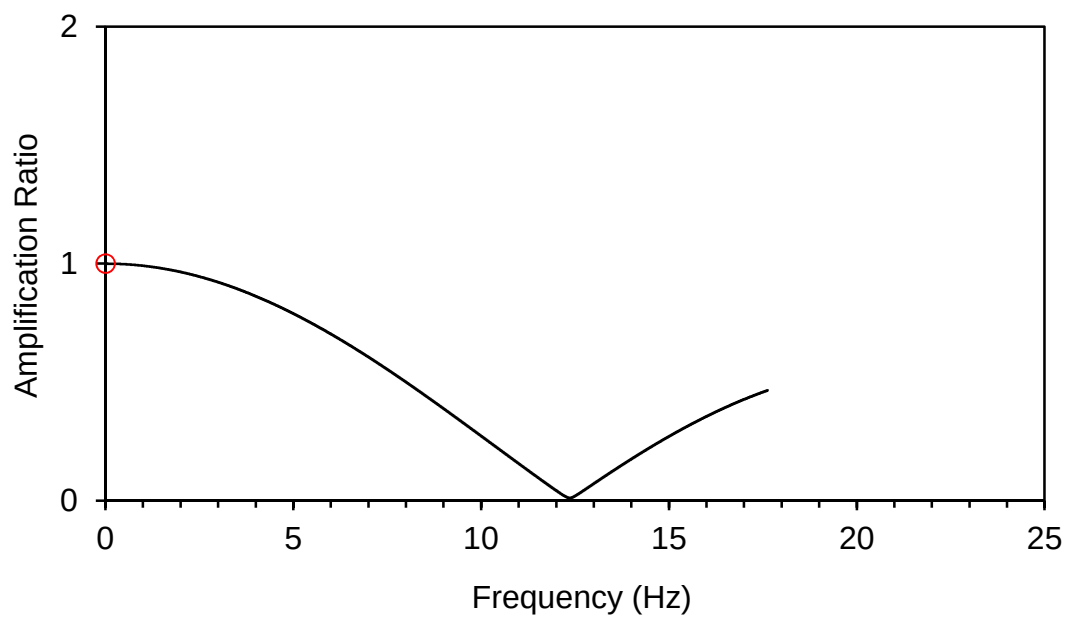


Figura 55 -Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 368)

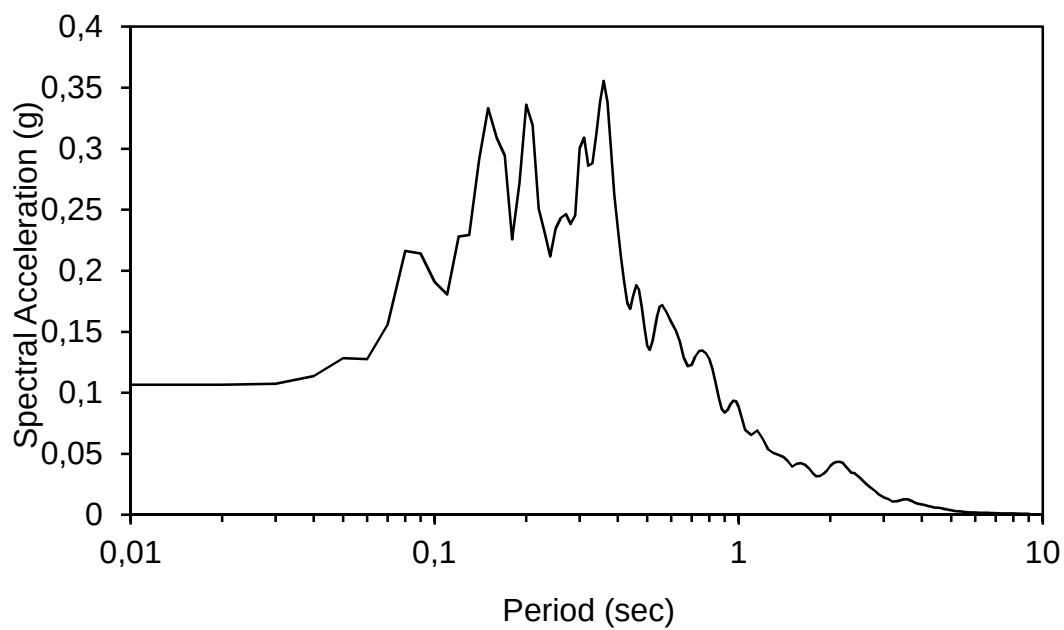


Figura 56 - Accelerazione alla superficie (waveform id 368)

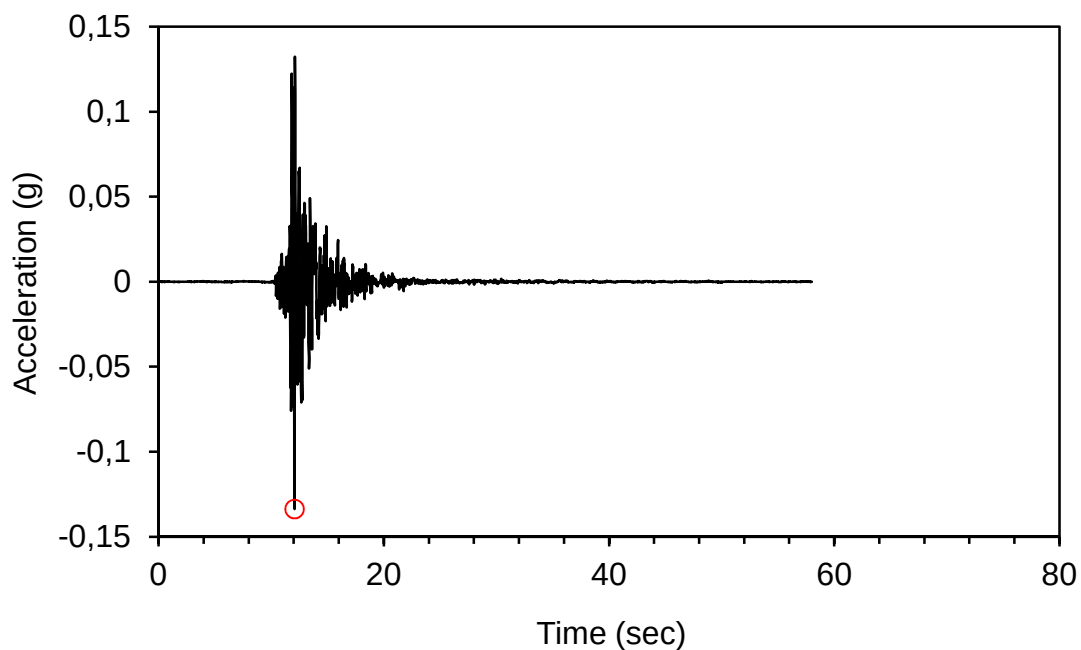


Figura 57 –Spettro di accelerazione di output (waveform id 6332)

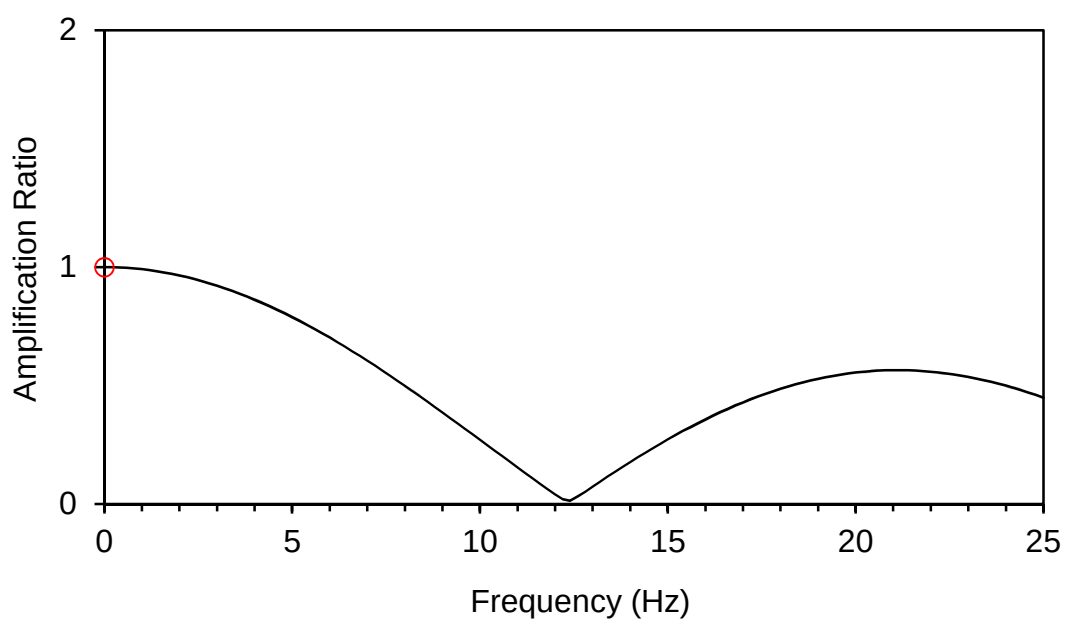


Figura 58 -Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 6332)

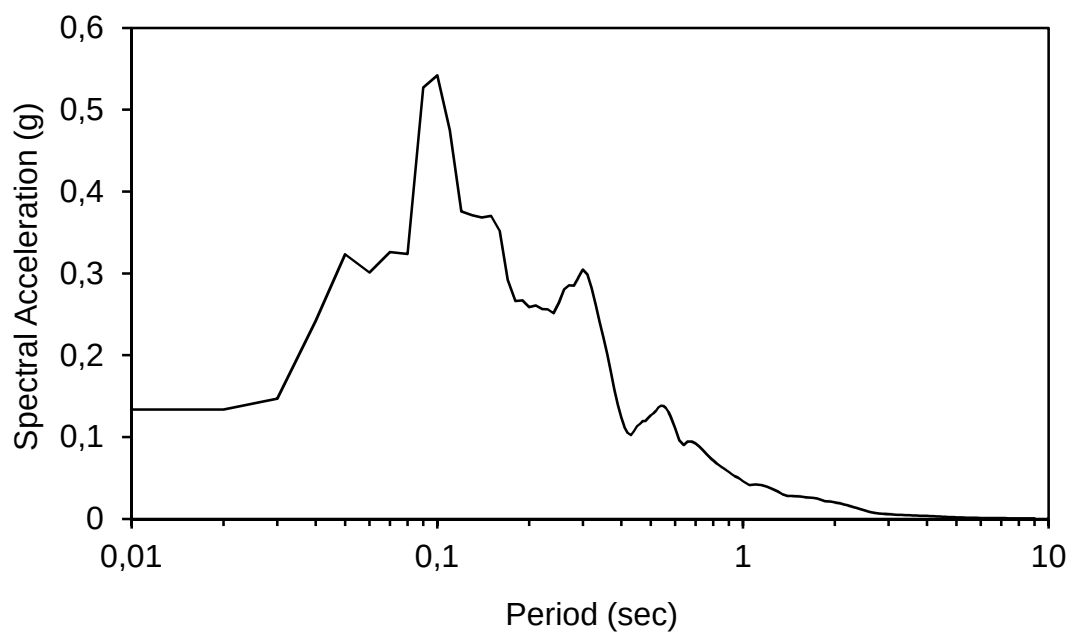


Figura 59 - Accelerazione alla superficie (waveform id 6332)

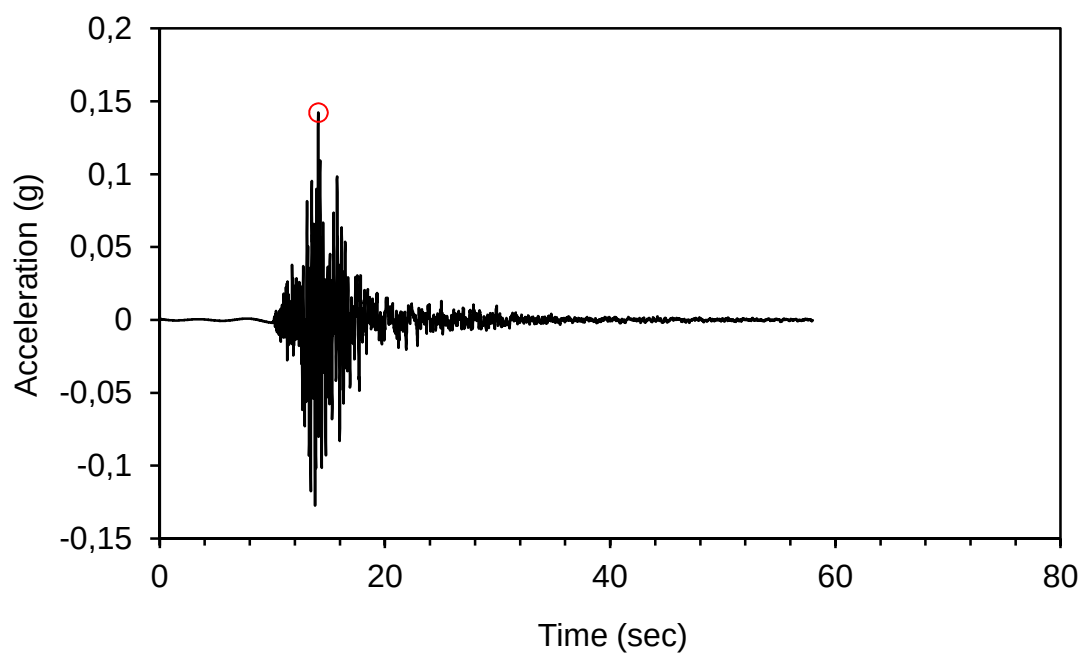


Figura 60 –Spettro di accelerazione di output (waveform id 6335)

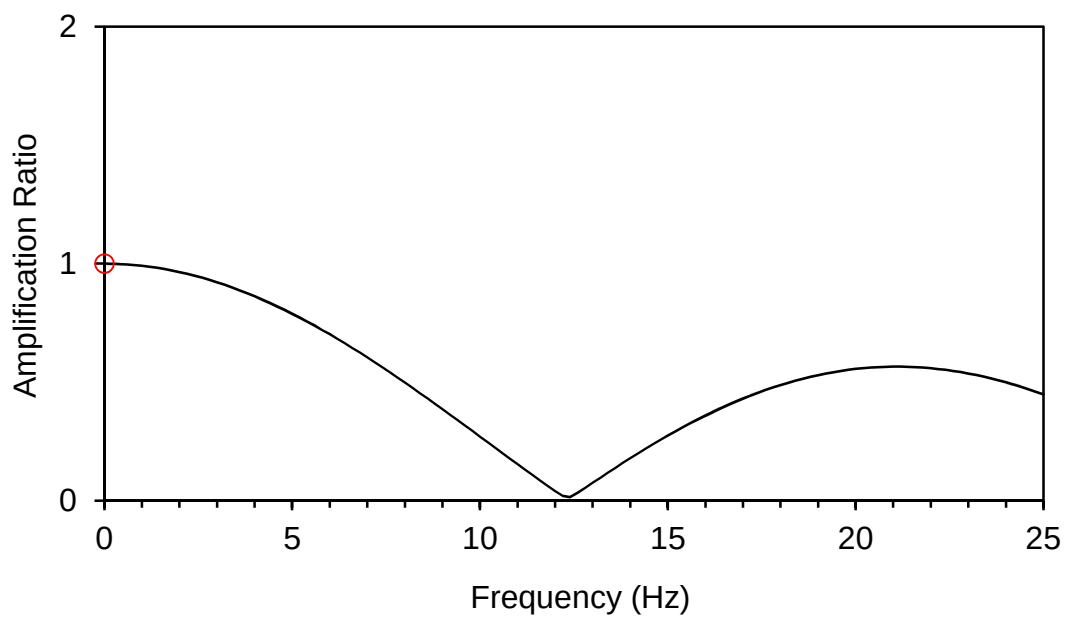


Figura 61 -Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 6335)

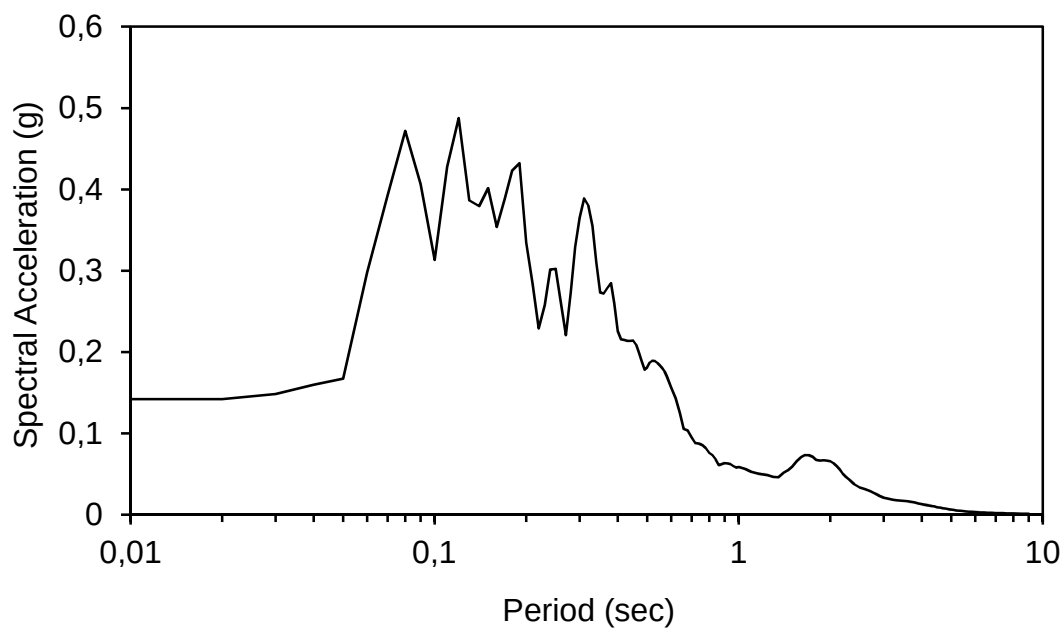


Figura 62 - Accelerazione alla superficie (waveform id 6335)

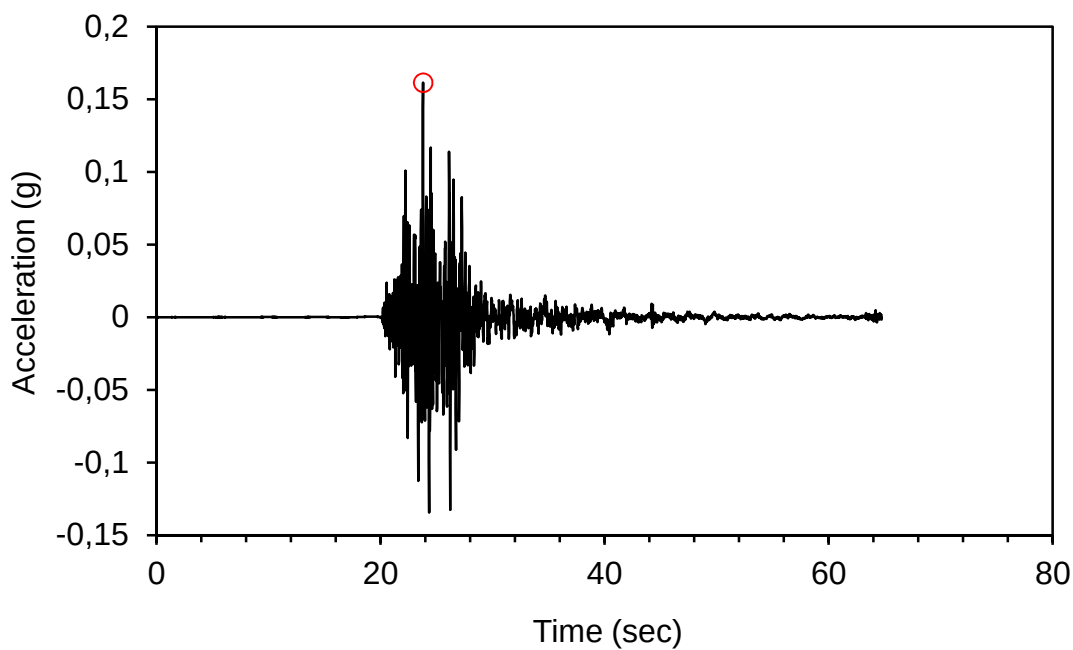


Figura 63 –Spettro di accelerazione di output (waveform id 4674)

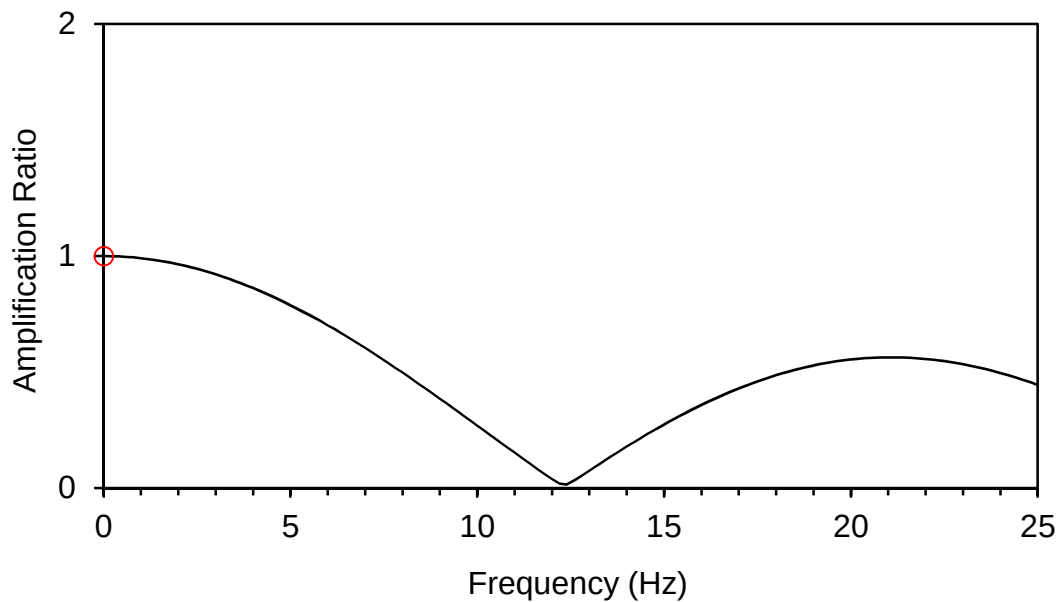


Figura 64 -Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 4674)

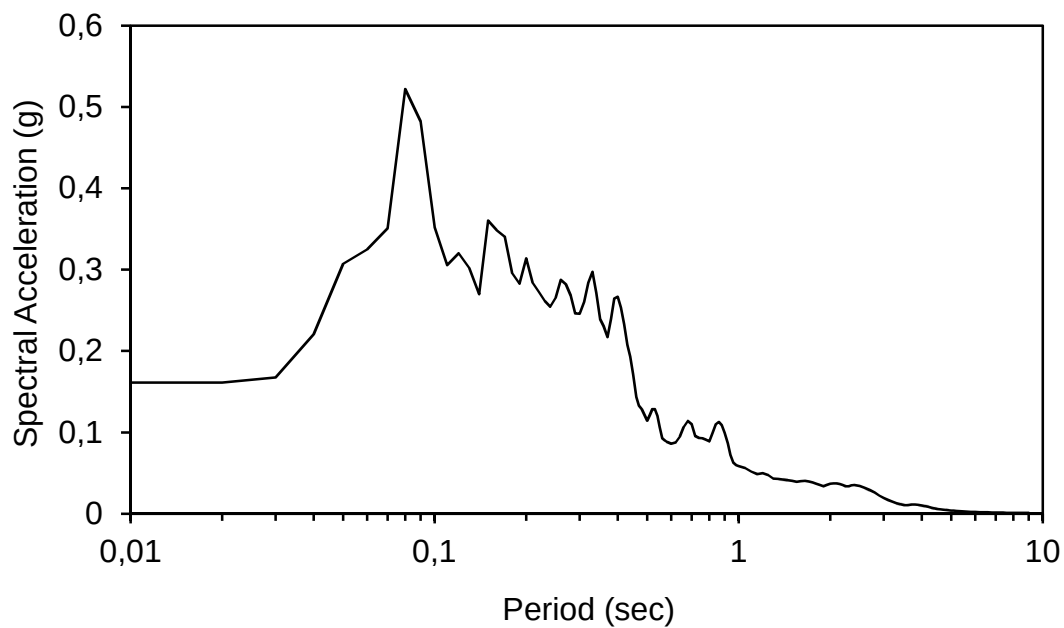


Figura 65 - Accelerazione alla superficie (waveform id 4674)

SITO CM-03

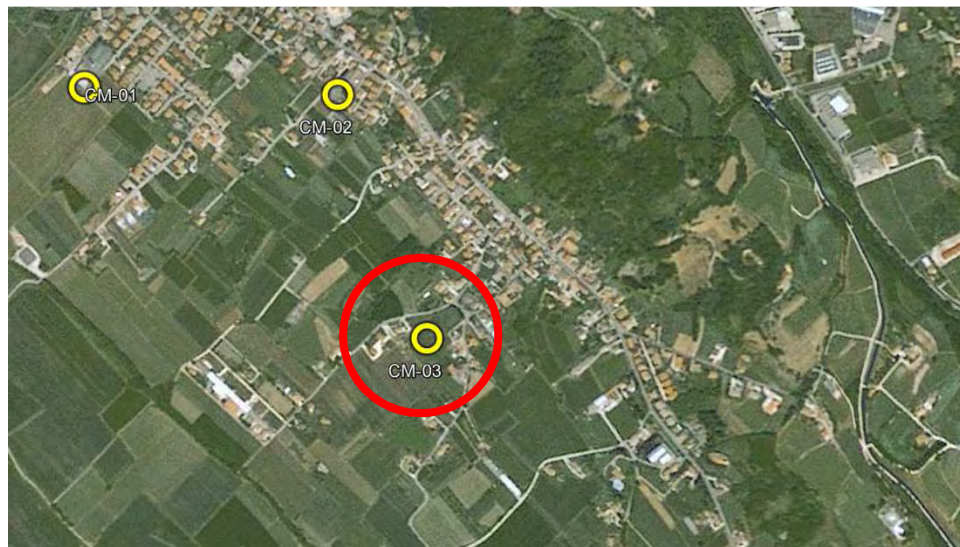


Figura 66 – Ubicazione del sito CM-03

Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw	Fault Mechanism	Epicentral Distance [km]
342	307	ST124	Cazulas		4.9	oblique	24
7142	2309	ST539	Bingol		6.3	strike slip	14
1891	651	ST1320	Kranidia		5.5	?	23
368	175	ST143	Lazio Abruzzo		5.9	normal	22
6332	2142	ST2483	South Iceland (aftershock)		6.4	strike slip	6
6335	2142	ST2557	South Iceland (aftershock)		6.4	strike slip	15
4674	1635	ST2486	South Iceland		6.5	strike slip	5
mean:					5.985714		15.57143

Waveform ID	PGA_X [m/s^2]	PGA_Y [m/s^2]	PGV_X [m/s]	PGV_Y [m/s]	ID_X	ID_Y	Np_X	Np_Y	EC8 Site class
342	0.1501	0.1735	0.0139	0.0089	55.538	78.634	0.72104	0.50194	A
7142	50.514	29.178	0.336	0.2097	73.341	84.263	0.64556	0.85171	A
1891	0.3488	0.2552	0.0107	0.0227	80.673	44.419	0.77818	0.61965	A
368	0.628	0.6706	0.0563	0.0385	70.298	90.898	0.9295	0.84769	A
6332	51.881	55.698	0.218	0.8303	66.884	20.632	0.70838	0.69452	A
6335	12.481	11.322	0.1659	0.1083	64.075	70.906	0.78039	0.61902	A
4674	31.176	33.109	0.6122	0.2377	40.709	98.457	0.79545	0.58565	A

Tabella 17 - Accelerogrammi naturali in ingresso (ESDB)

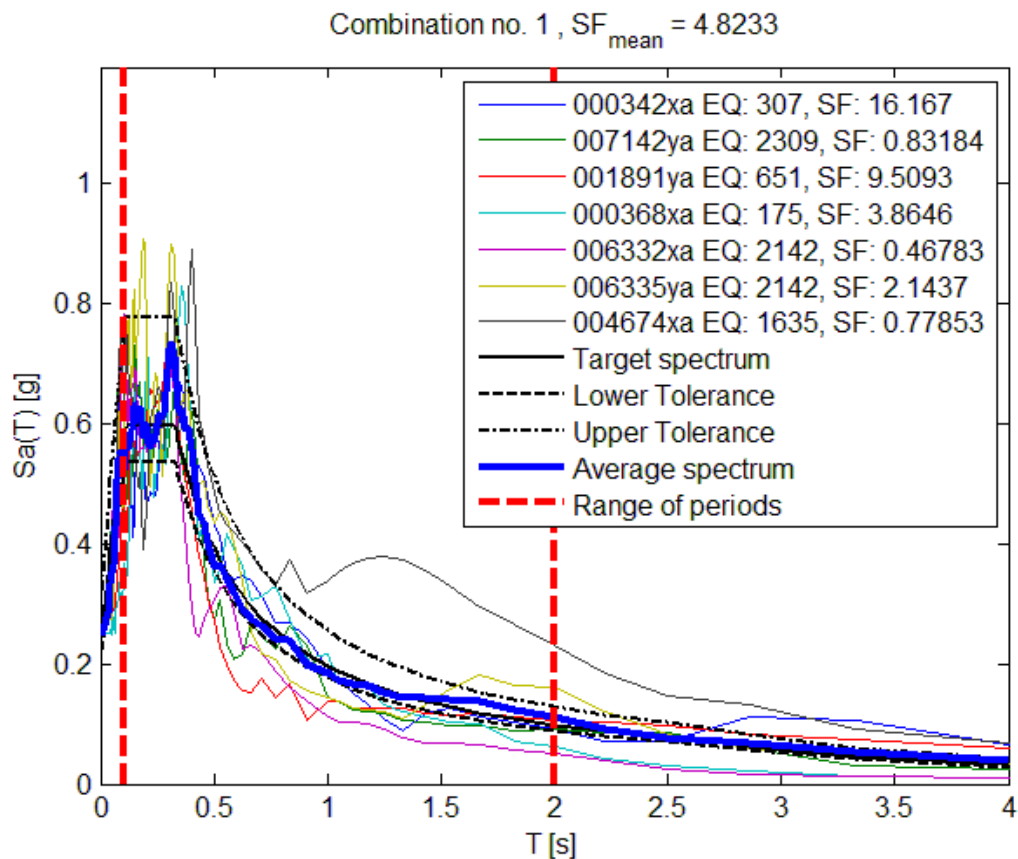


Figura 67 - Spettri in accelerazione relativi agli accelerogrammi naturali e spettro target (NTC_A per SLV)

Layer Number	Soil Material Type	Number of sublayers in layer	Thickness of layer (m)	Maximum shear modulus G_{max} (MPa)	Initial critical damping ratio (%)	Total unit weight (kN/m^3)	Shear wave velocity (m/sec)	Location and type of earthquake input motion	Location of water table	Depth at middle of layer (m)	Vertical effective stress (kPa)
Surface	1	1	2.0	148.27		19.66	272			1.0	19.66
	2	1	2.0	161.64		19.66	284			3.0	58.98
	3	1	2.0	176.78		19.66	297			5.0	98.30
	4	1	2.0	442.71		19.66	470			7.0	137.62
	5	2	2.0	1253.93		19.66	791			9.0	176.94
	6	2	2.0	1404.02		19.66	837			11.0	216.26
	7	2	2.0	1601.75		19.66	894			13.0	255.58
	8	2	2.0	1598.17		19.66	893			15.0	294.90
	9	2	2.0	1677.02		20.45	897			17.0	335.01
	10	2	2.0	1699.53		20.45	903			19.0	375.90
Bedrock	11	0		3505.34	1	24.00	1197	Outcrop		20.0	396.35

Figura 68 – Modello geologico e profilo di velocità semplificati adottati per i calcoli

Waveform ID	Rapporto di amplificazione	Frequenza massima di amplificazione
342	1.000	0
7142	1.000	0
368	1.000	0
1891	1.000	0

6332	1.000	0
6335	1.000	0
4674	1.000	0

Tabella 18 - Accelerogrammi naturali in ingresso (ESDB)

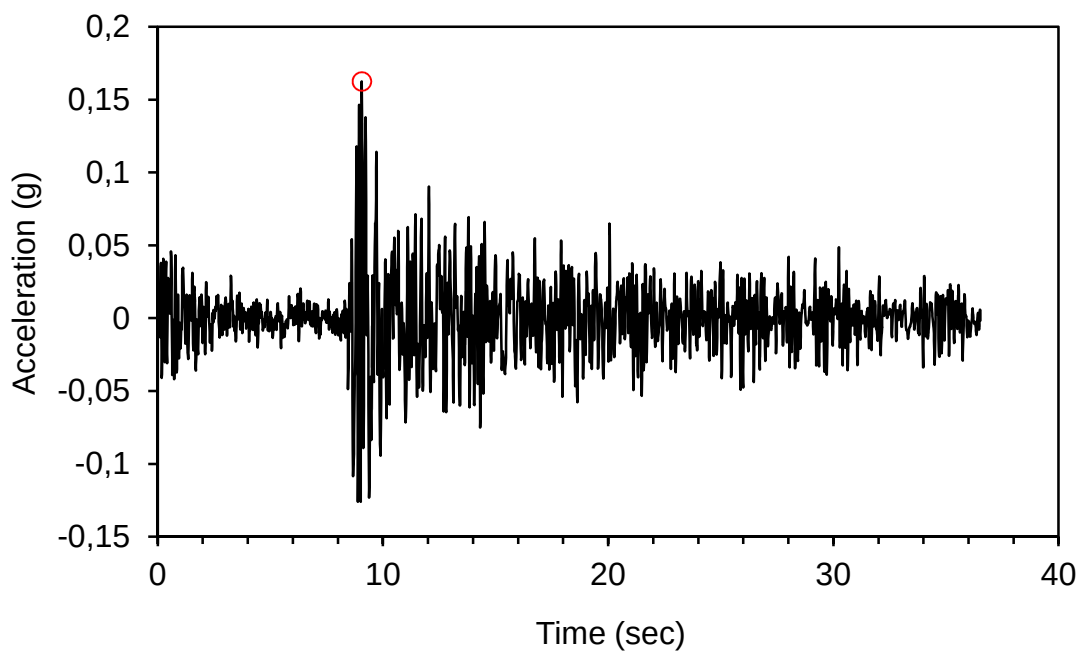


Figura 69 –Spettro di accelerazione di output (waveform id 342)

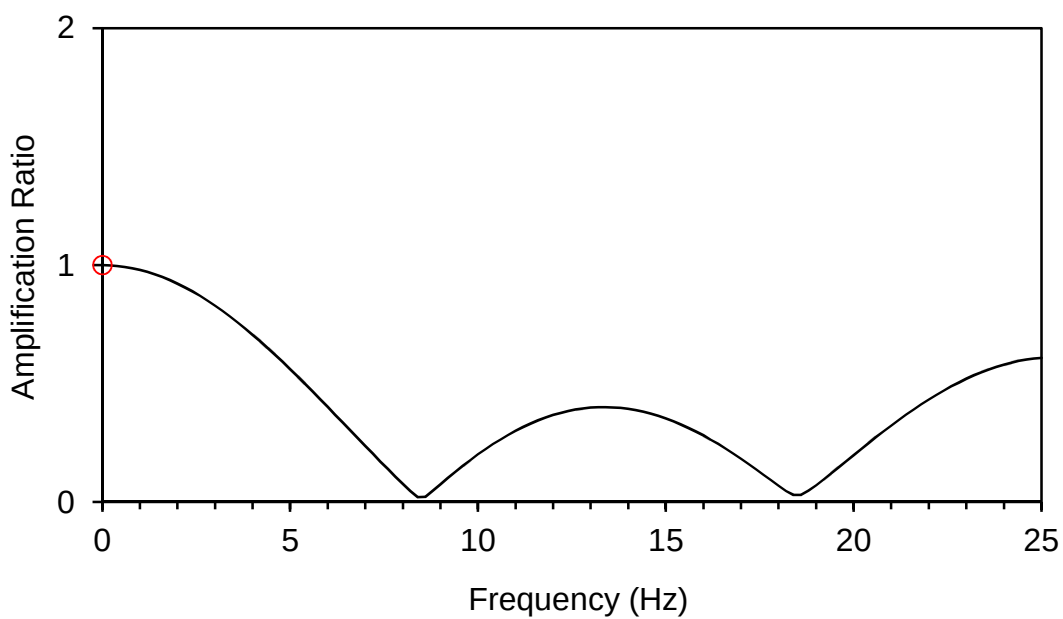


Figura 70 -Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 342)

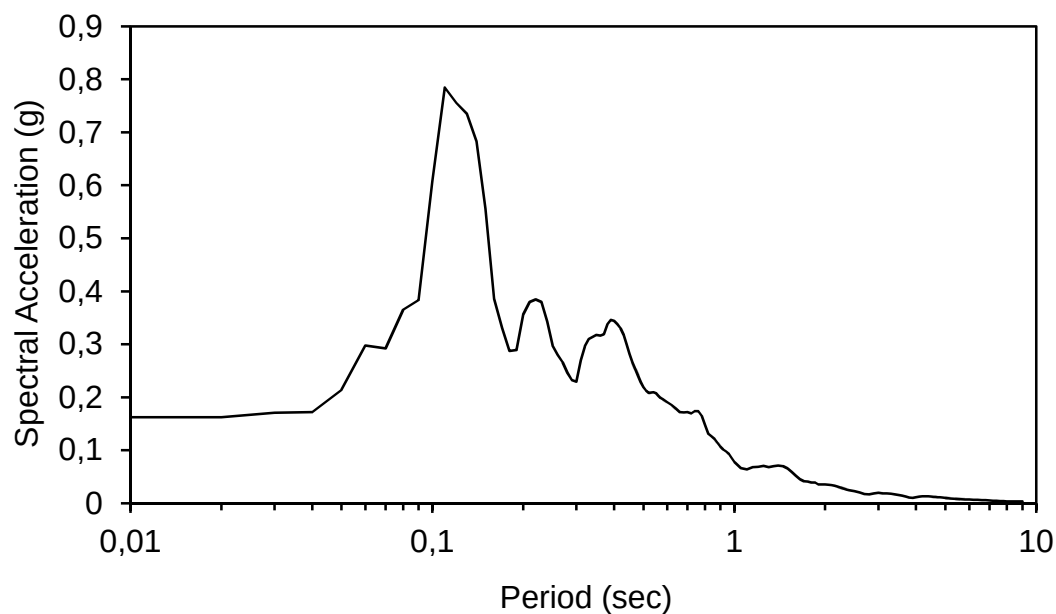


Figura 71 - Accelerazione alla superficie (waveform id 342)

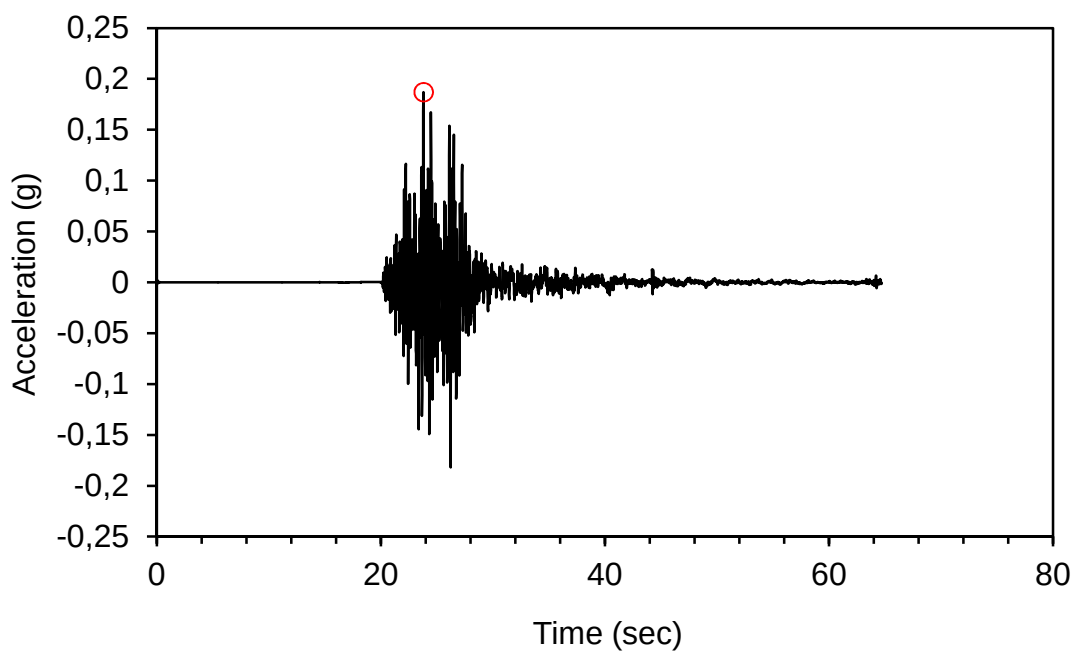


Figura 72 –Spettro di accelerazione di output (waveform id 7142)

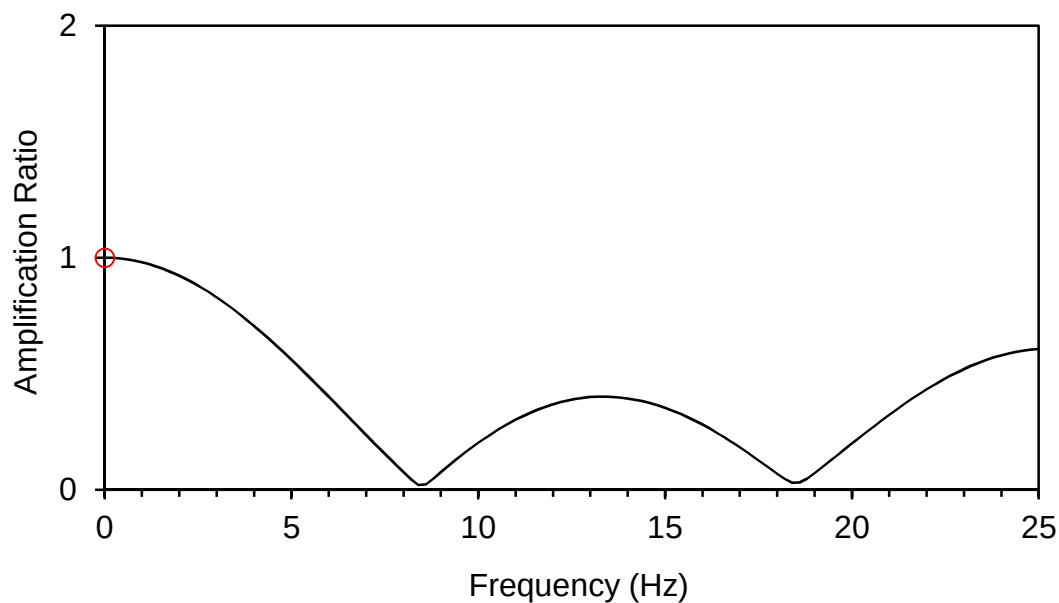


Figura 73 -Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 7142)

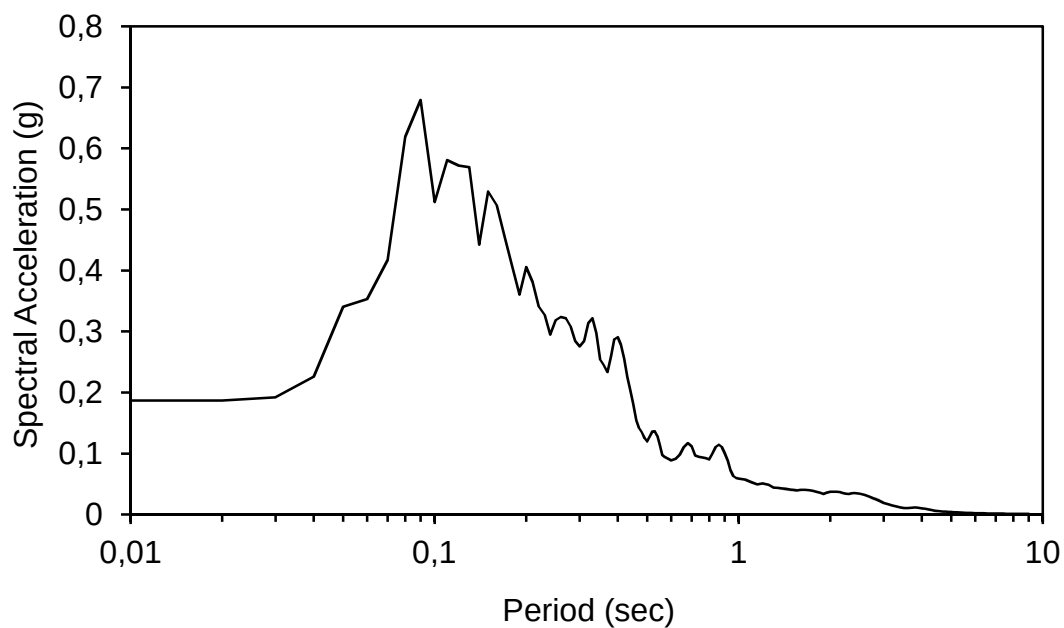


Figura 74 - Accelerazione alla superficie (waveform id 7142)

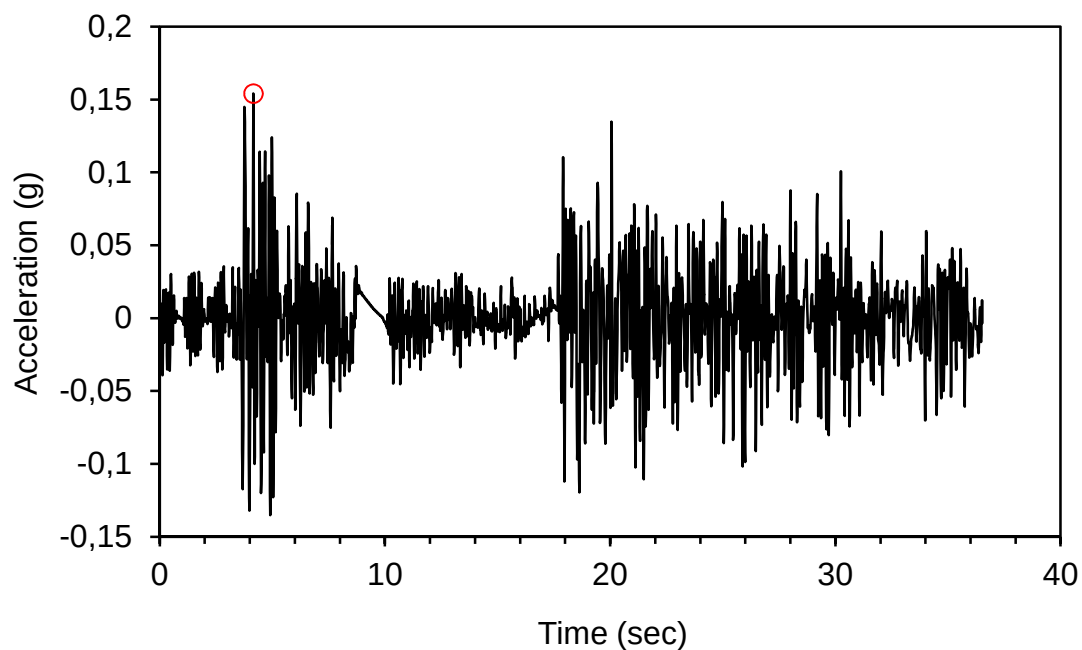


Figura 75 –Spettro di accelerazione di output (waveform id 1891)

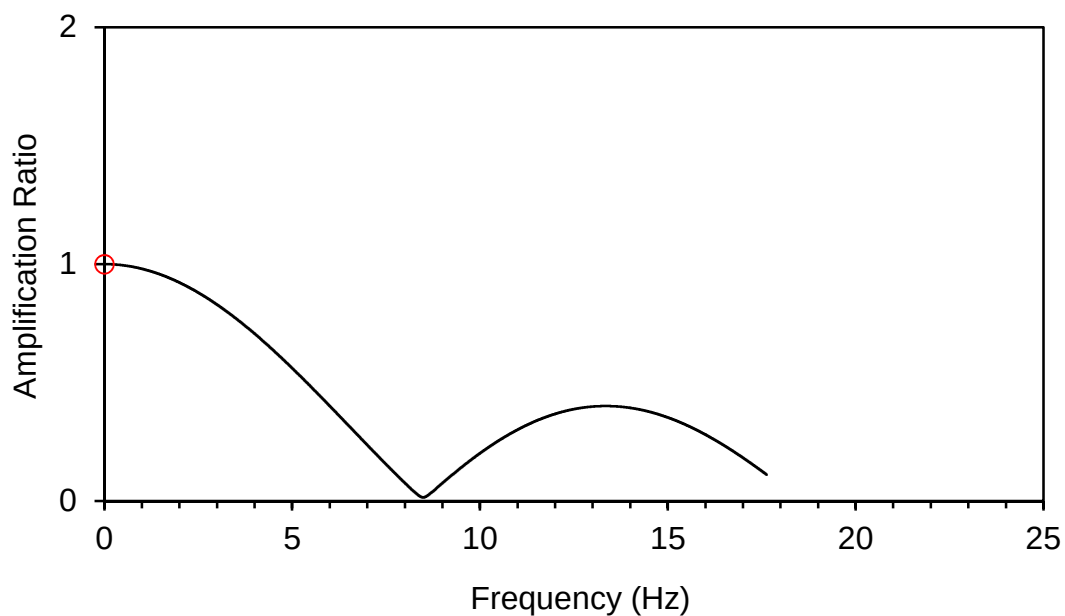


Figura 76 -Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 1891)

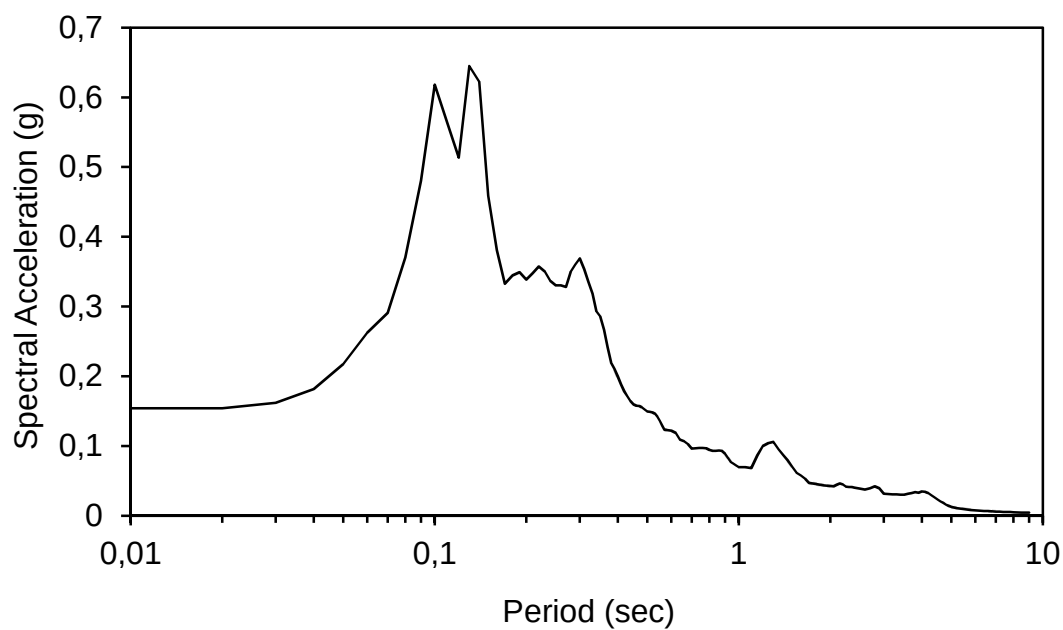


Figura 77 - Accelerazione alla superficie (waveform id 1891)

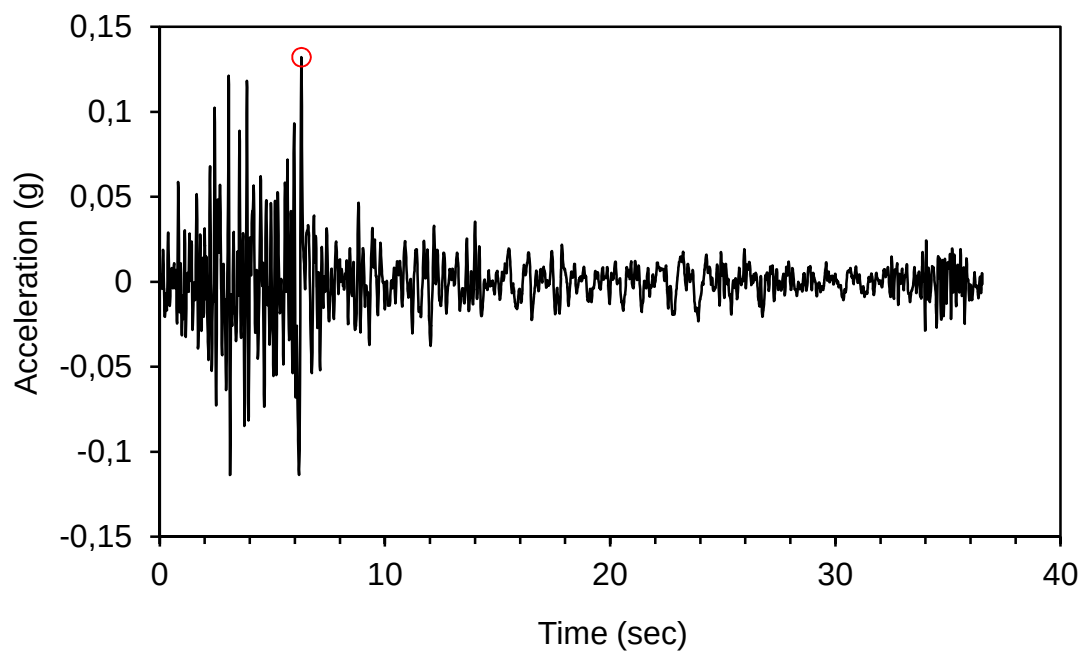


Figura 78 –Spettro di accelerazione di output (waveform id 368)

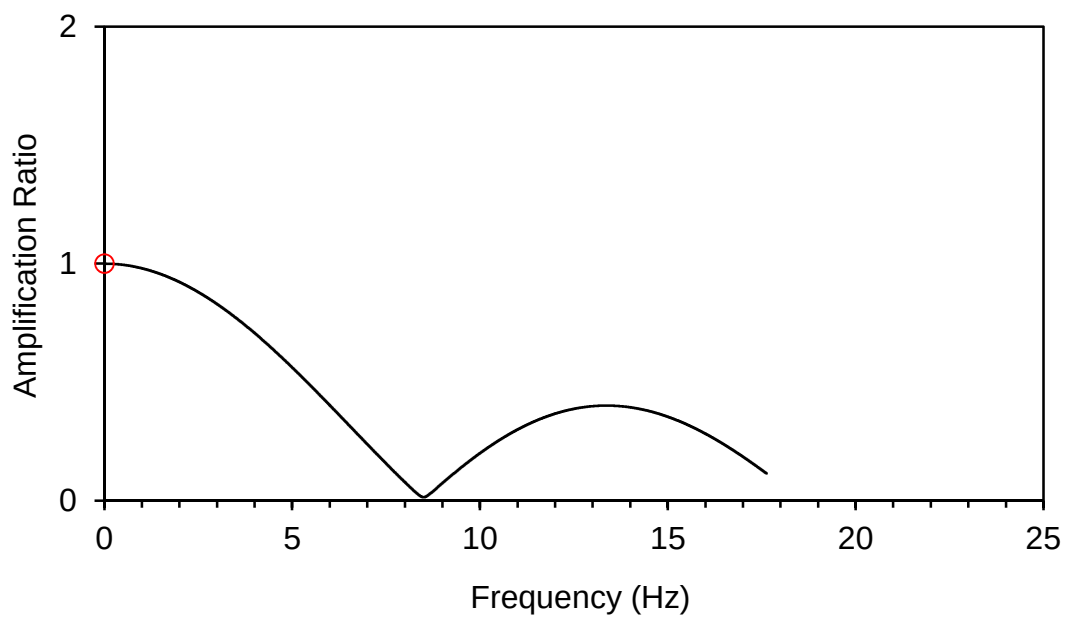


Figura 79 -Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 368)

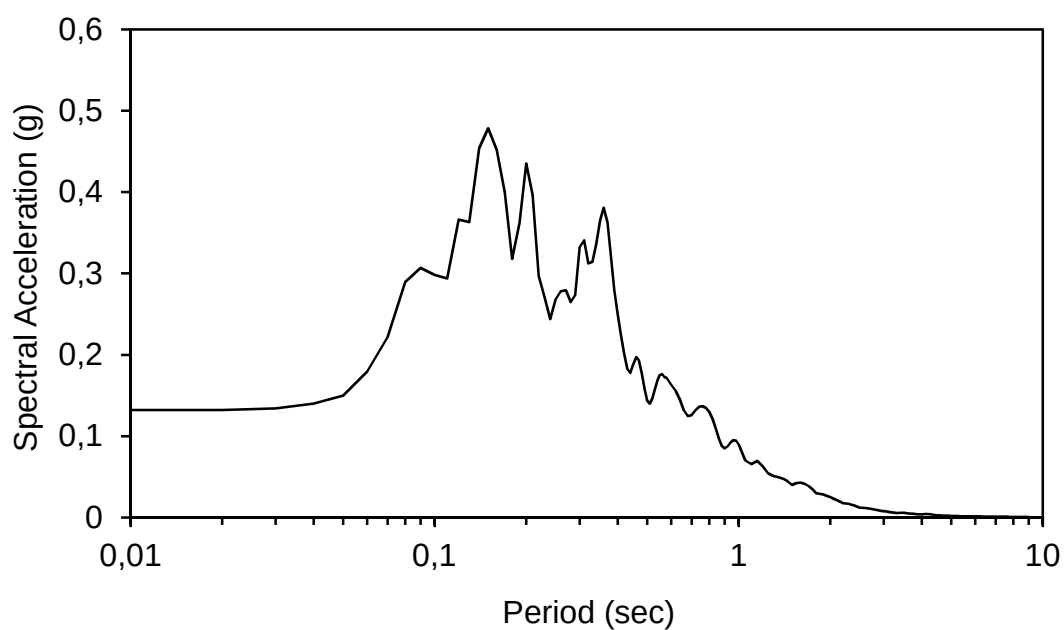


Figura 80 - Accelerazione alla superficie (waveform id 368)

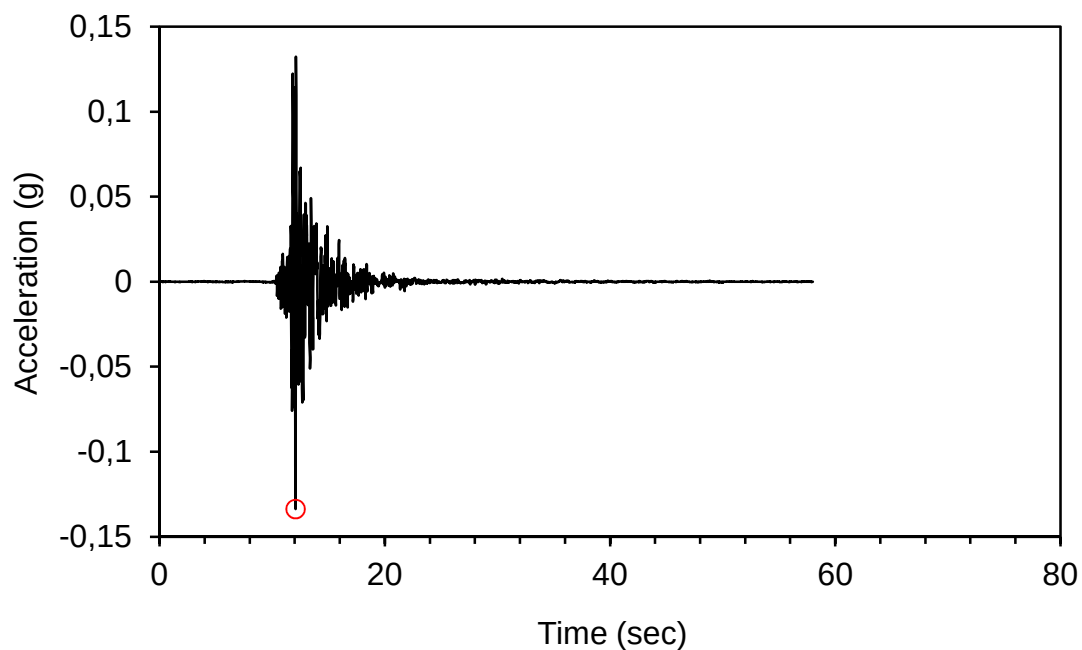


Figura 81 –Spettro di accelerazione di output (waveform id 6332)

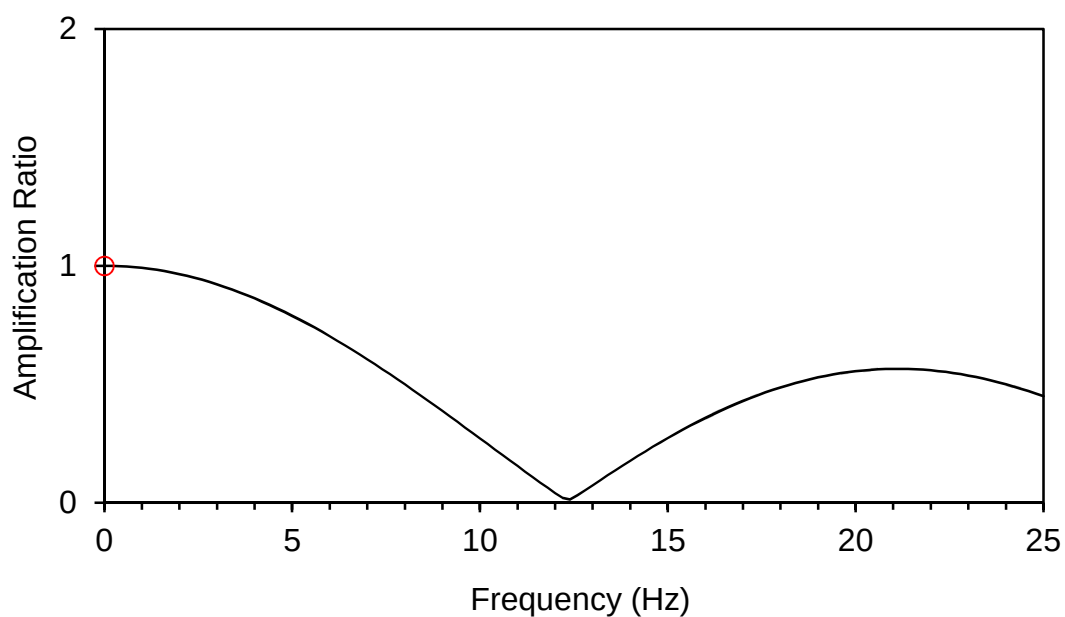


Figura 82 -Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 6332)

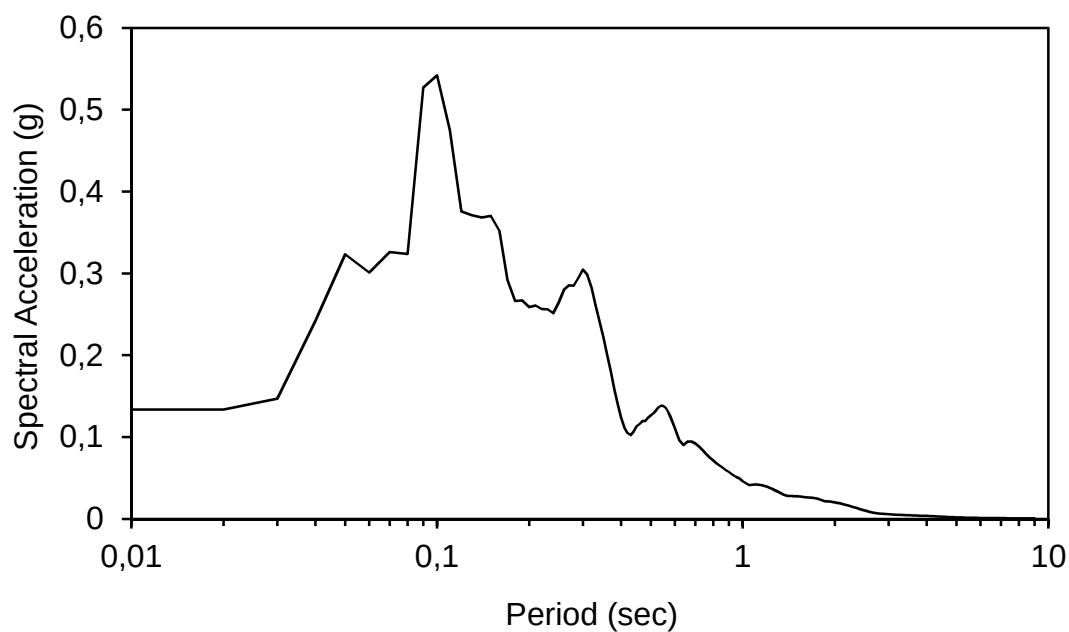


Figura 83 - Accelerazione alla superficie (waveform id 6332)

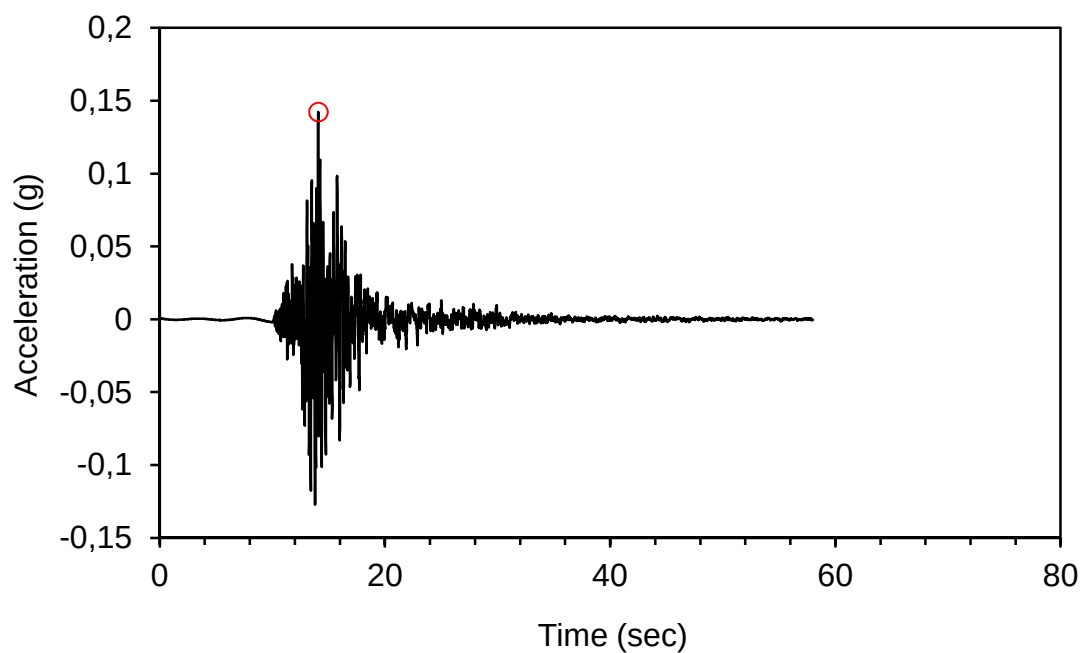


Figura 84 –Spettro di accelerazione di output (waveform id 6335)

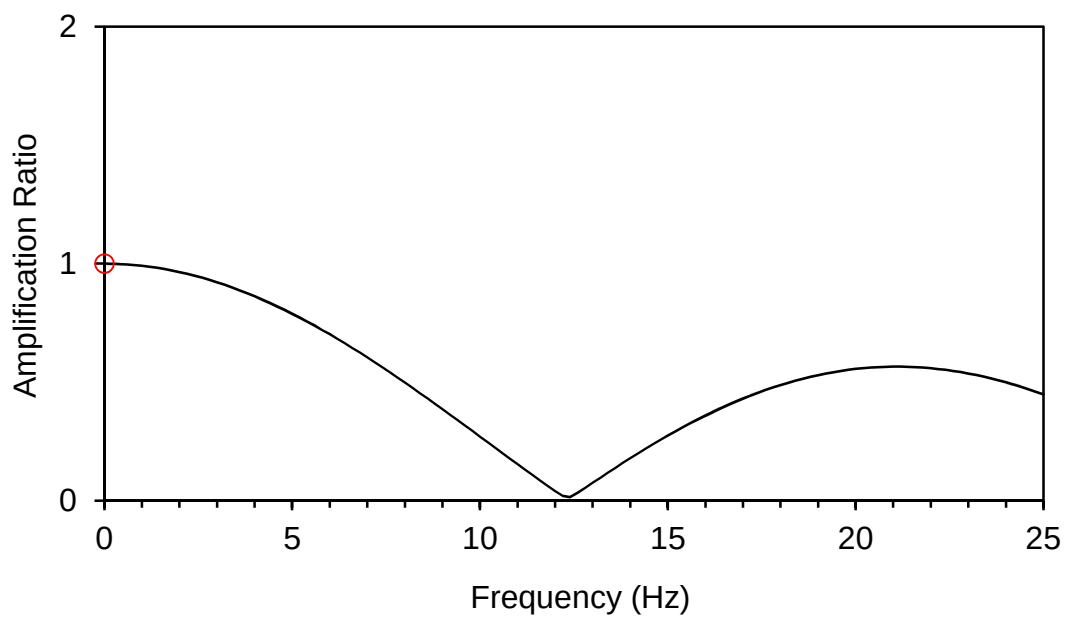


Figura 85 -Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 6335)

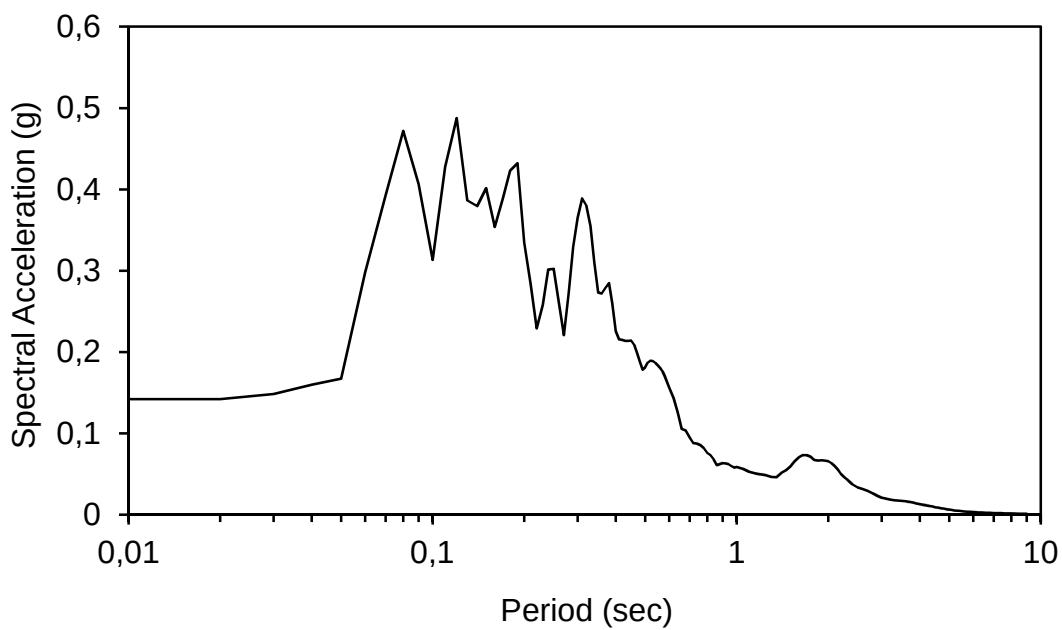


Figura 86 - Accelerazione alla superficie (waveform id 6335)

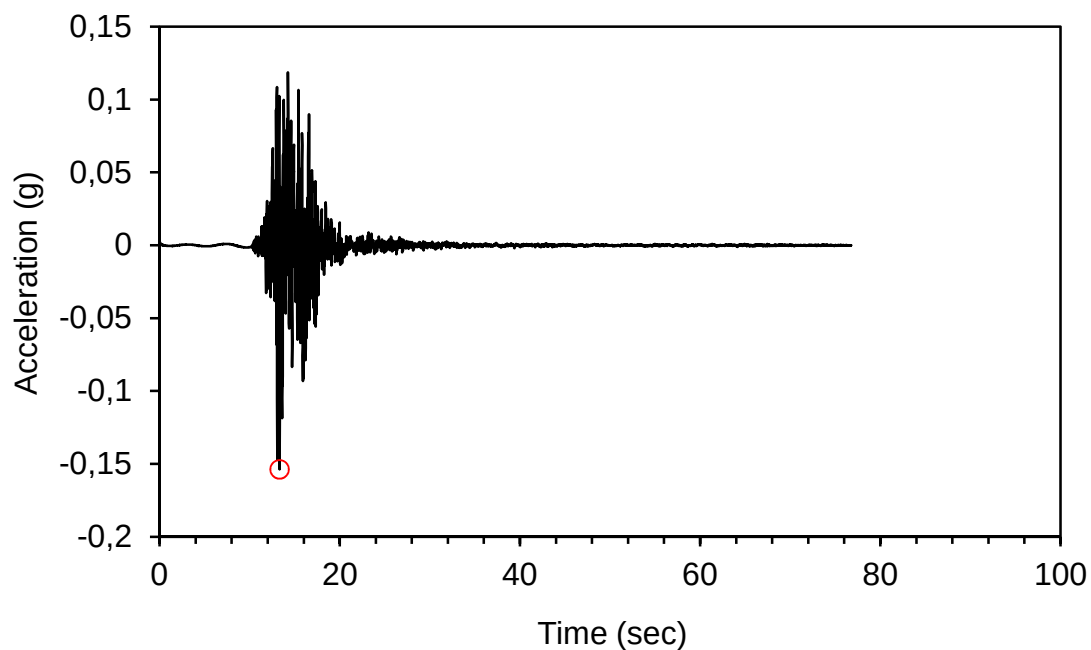


Figura 87 –Spettro di accelerazione di output (waveform id 4674)

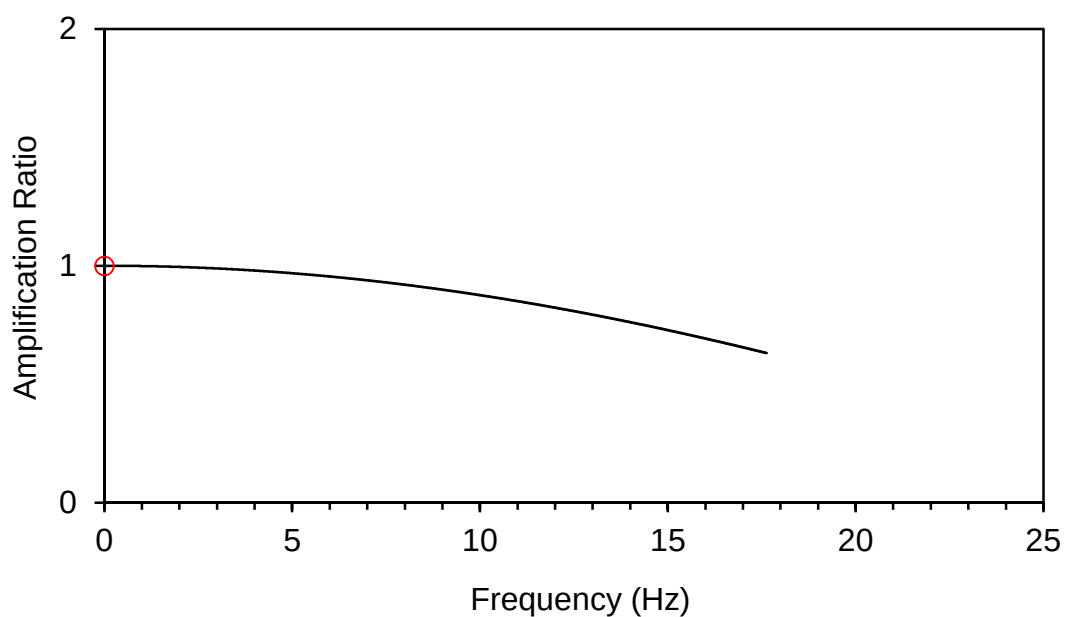


Figura 88 -Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 4674)

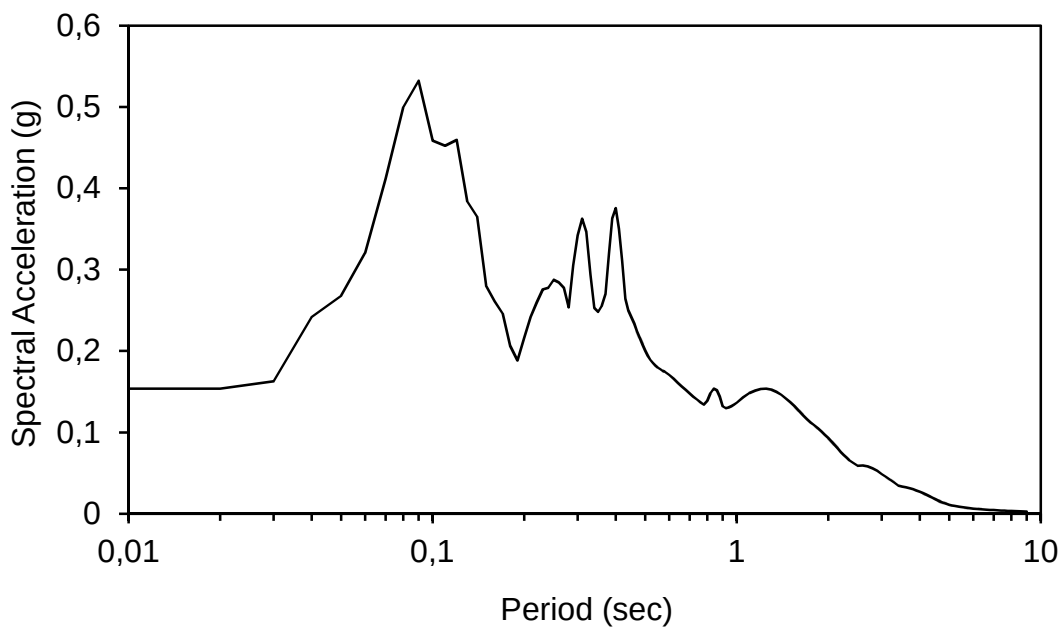


Figura 89 - Accelerazione alla superficie (waveform id 4674)

SITO CM-04



Figura 90 – Ubicazione del sito CM-04

Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw	Fault Mechanism	Epicentral Distance [km]
342	307	ST124	Cazulas		4.9	oblique	24
7142	2309	ST539	Bingol		6.3	strike slip	14
1891	651	ST1320	Kranidia		5.5	?	23
368	175	ST143	Lazio Abruzzo		5.9	normal	22

6332	2142	ST2483	South Iceland (aftershock)		6.4	strike slip	6
6335	2142	ST2557	South Iceland (aftershock)		6.4	strike slip	15
4674	1635	ST2486	South Iceland		6.5	strike slip	5
mean:					5.985714		15.57143

Waveform ID	PGA_X [m/s^2]	PGA_Y [m/s^2]	PGV_X [m/s]	PGV_Y [m/s]	ID_X	ID_Y	Np_X	Np_Y	EC8 Site class
342	0.1501	0.1735	0.0139	0.0089	55.538	78.634	0.72104	0.50194	A
7142	50.514	29.178	0.336	0.2097	73.341	84.263	0.64556	0.85171	A
1891	0.3488	0.2552	0.0107	0.0227	80.673	44.419	0.77818	0.61965	A
368	0.628	0.6706	0.0563	0.0385	70.298	90.898	0.9295	0.84769	A
6332	51.881	55.698	0.218	0.8303	66.884	20.632	0.70838	0.69452	A
6335	12.481	11.322	0.1659	0.1083	64.075	70.906	0.78039	0.61902	A
4674	31.176	33.109	0.6122	0.2377	40.709	98.457	0.79545	0.58565	A

Tabella 19 - Accelerogrammi naturali in ingresso (ESDB)

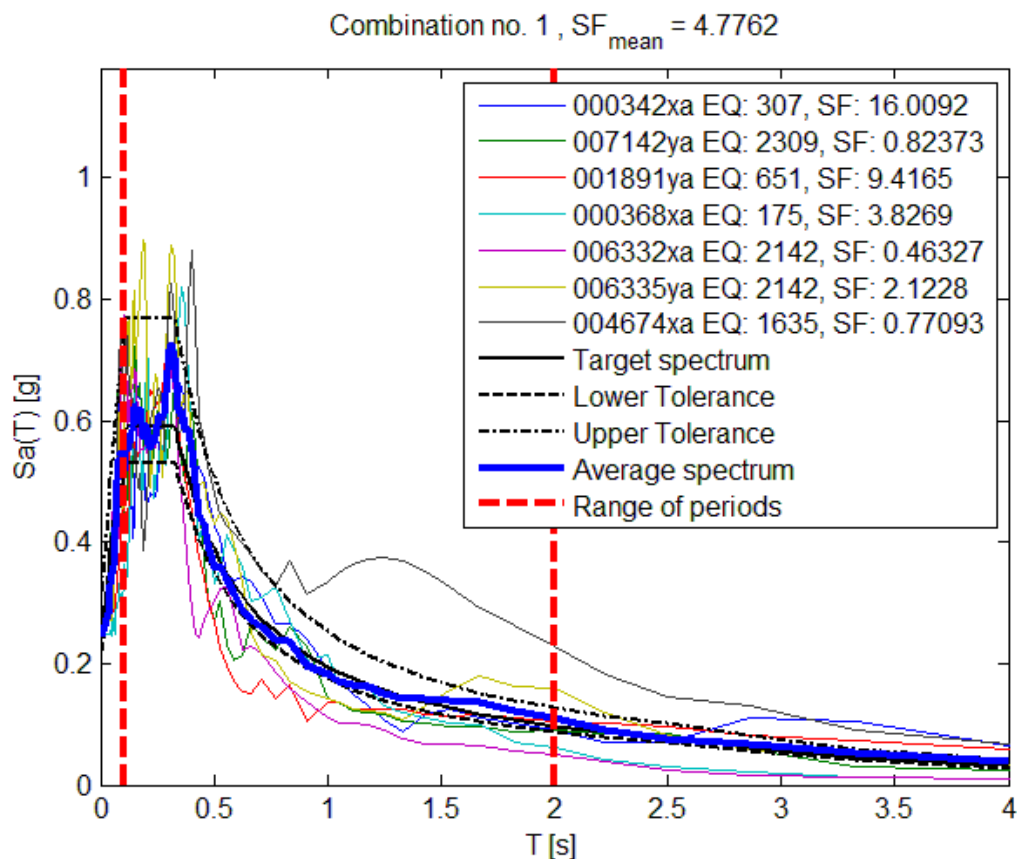


Figura 91 - Spettri in accelerazione relativi agli accelerogrammi naturali e spettro target (NTC_A per SLV)

Layer Number	Soil Material Type	Number of sublayers in layer	Thickness of layer (m)	Maximum shear modulus G_{max} (MPa)	Initial critical damping ratio (%)	Total unit weight (kN/m³)	Shear wave velocity (m/sec)	Location and type of earthquake input motion	Location of water table	Depth at middle of layer (m)	Vertical effective stress (kPa)
Surface	1	1	2.0	270.56		18.00	384			1.0	18.00
	2	1	2.0	326.76		18.00	422			3.0	54.00
	3	1	2.0	59.50		16.00	191			5.0	88.00

	4	1		2.0	1362.78		19.50	828			7.0	123.50
	5	2		2.0	1480.43		19.50	863			9.0	162.50
	6	2		2.0	1546.33		19.50	882			11.0	201.50
	7	2		2.0	1588.70		19.50	894			13.0	240.50
	8	2		2.0	1585.14		19.50	893			15.0	279.50
	9	2		2.0	1599.38		19.50	897			17.0	318.50
	10	2		2.0	1620.84		19.50	903			19.0	357.50
Bedrock	11	0			2661.40	1	24.00	1043	Inside		20.0	377.00

Figura 92 – Modello geologico e profilo di velocità semplificati adottati per i calcoli

Waveform ID	Rapporto di amplificazione	Frequenza massima di amplificazione
342	2.070	25
7142	2.010	25
1891	2.036	25
6335	2.027	25
4674	2.036	25
368	2.033	25
6332	2.028	25

Tabella 20 - Accelerogrammi naturali in ingresso (ESDB)

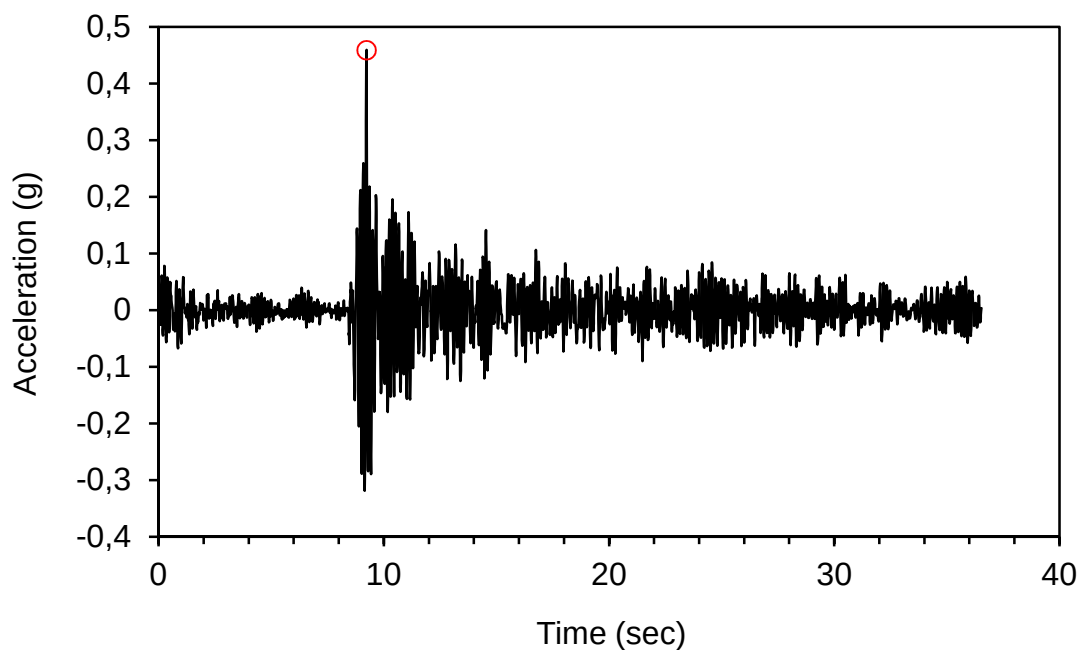


Figura 93 –Spettro di accelerazione di output (waveform id 342)

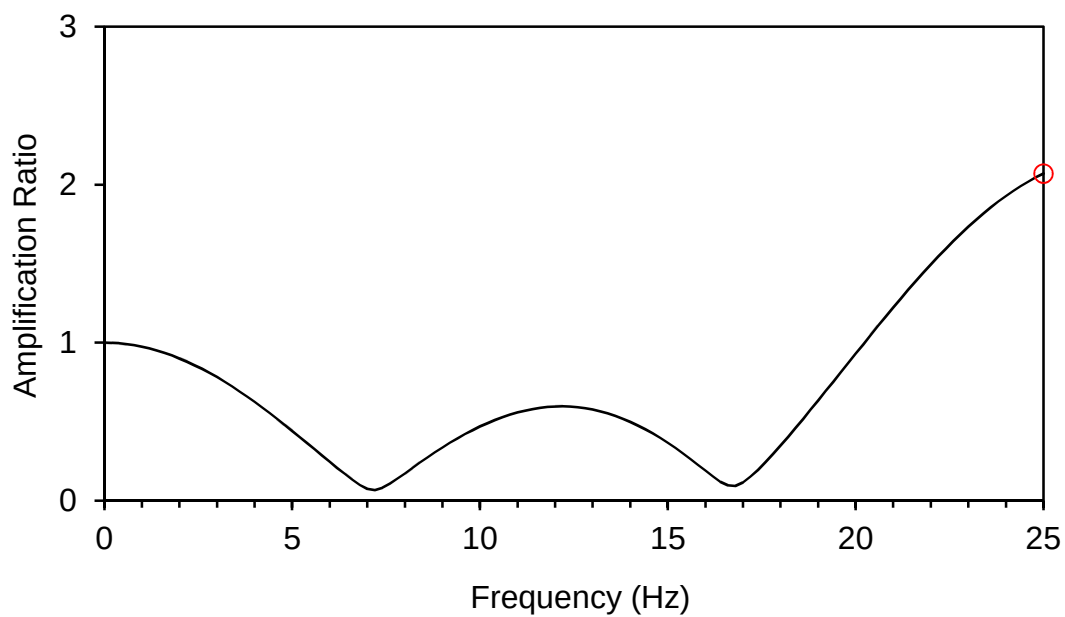


Figura 94 -Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 342)

Figura 95 - Accelerazione alla superficie (waveform id 342)

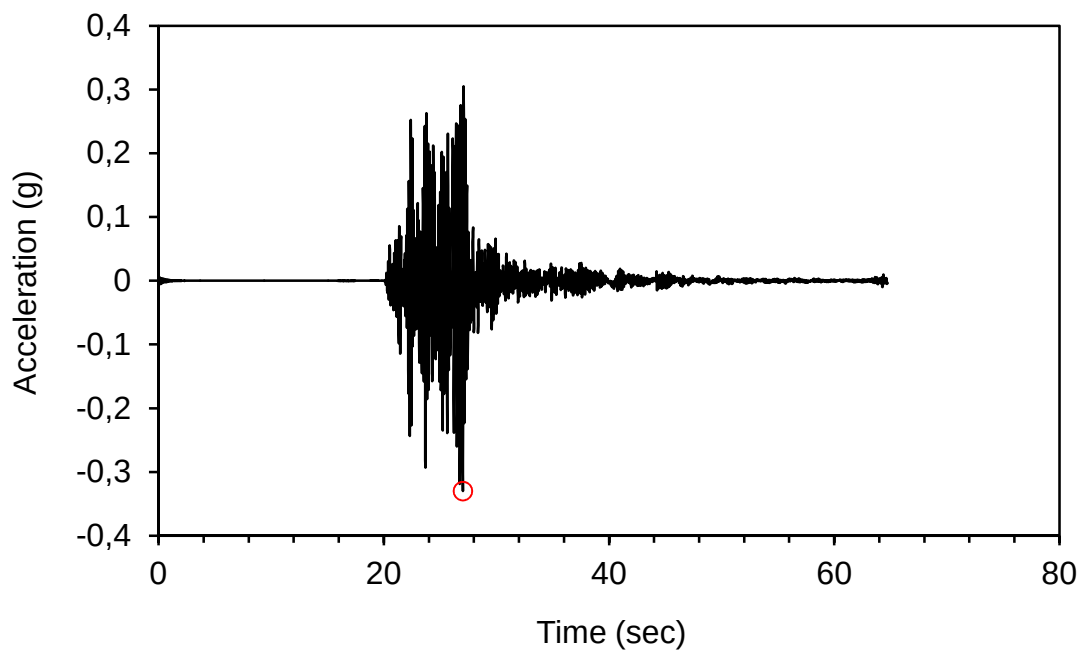


Figura 96 –Spettro di accelerazione di output (waveform id 7142)

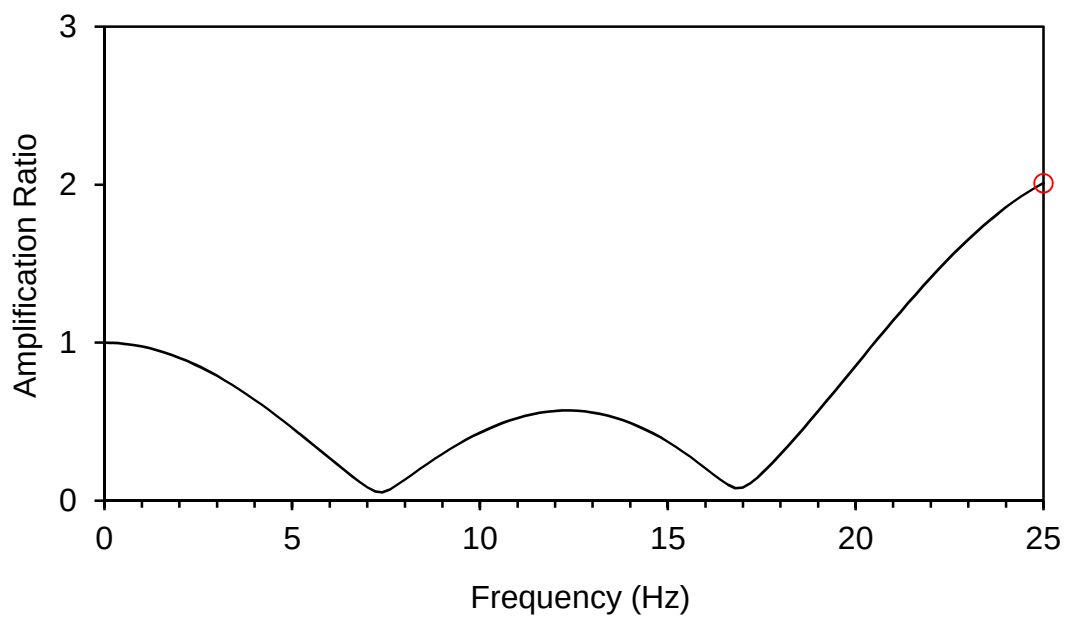


Figura 97 -Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 7142)

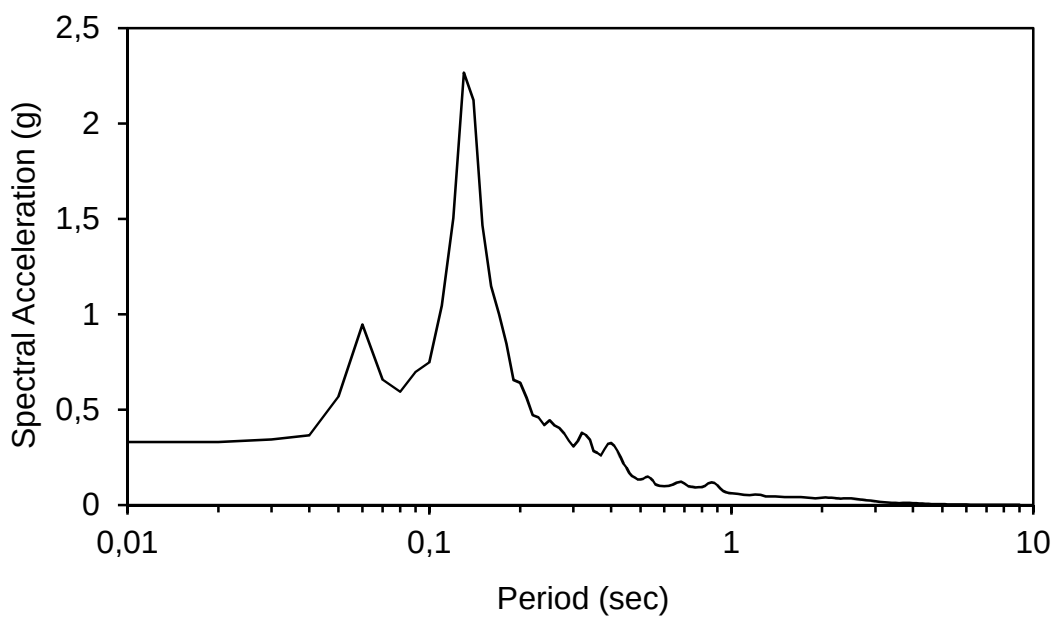


Figura 98 - Accelerazione alla superficie (waveform id 7142)

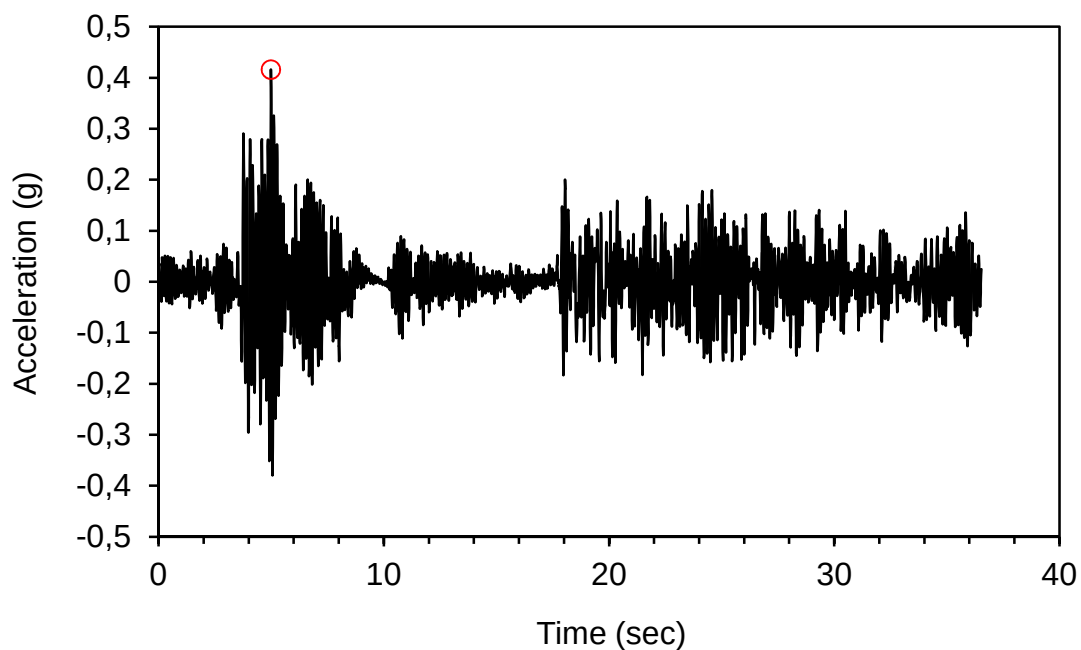


Figura 99 –Spettro di accelerazione di output (waveform id 1891)

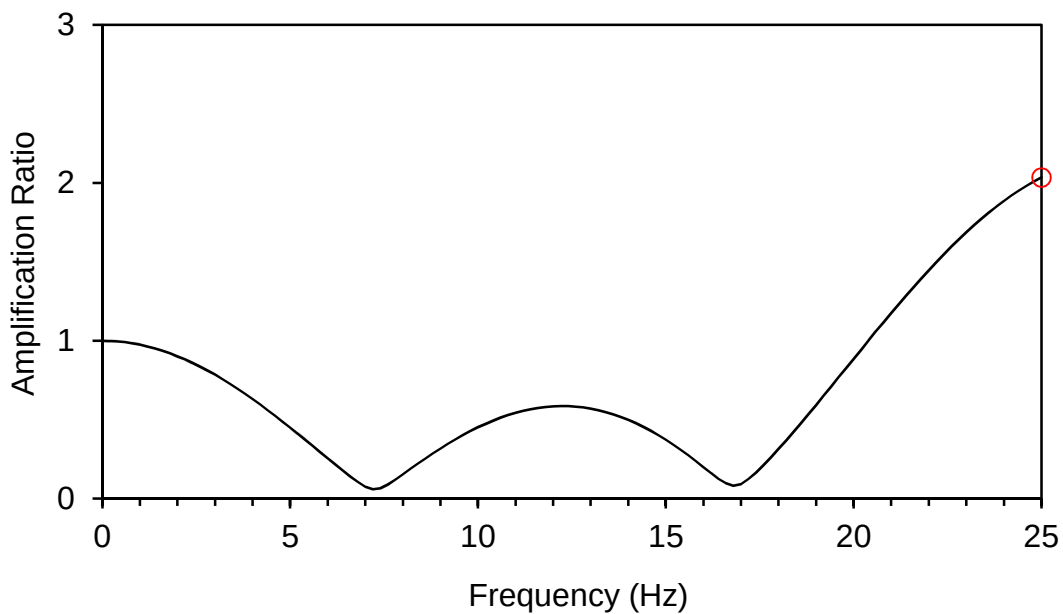


Figura 100 -Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 1891)

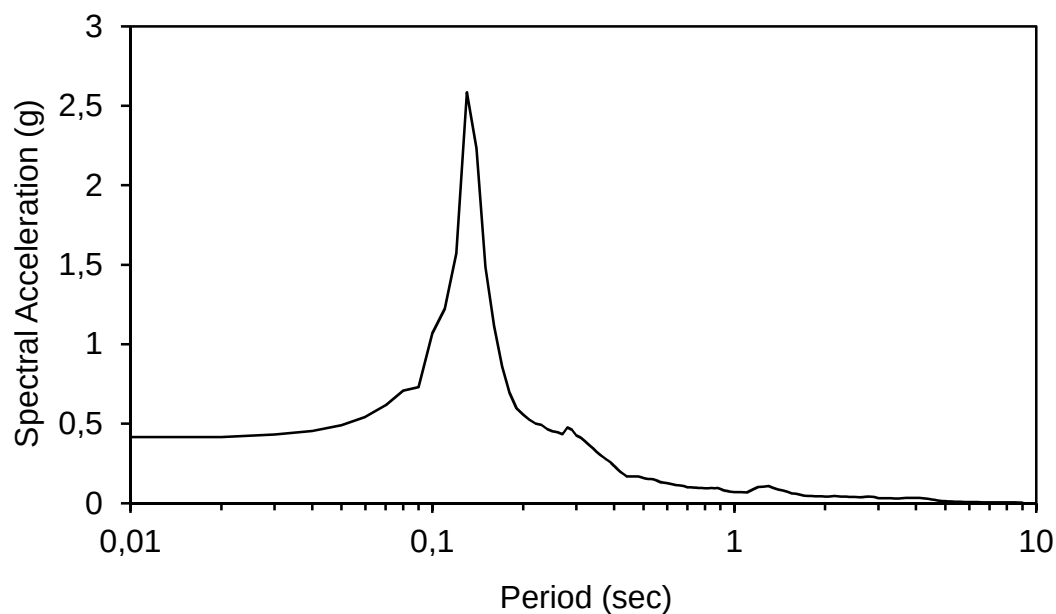


Figura 101 - Accelerazione alla superficie (waveform id 1891)

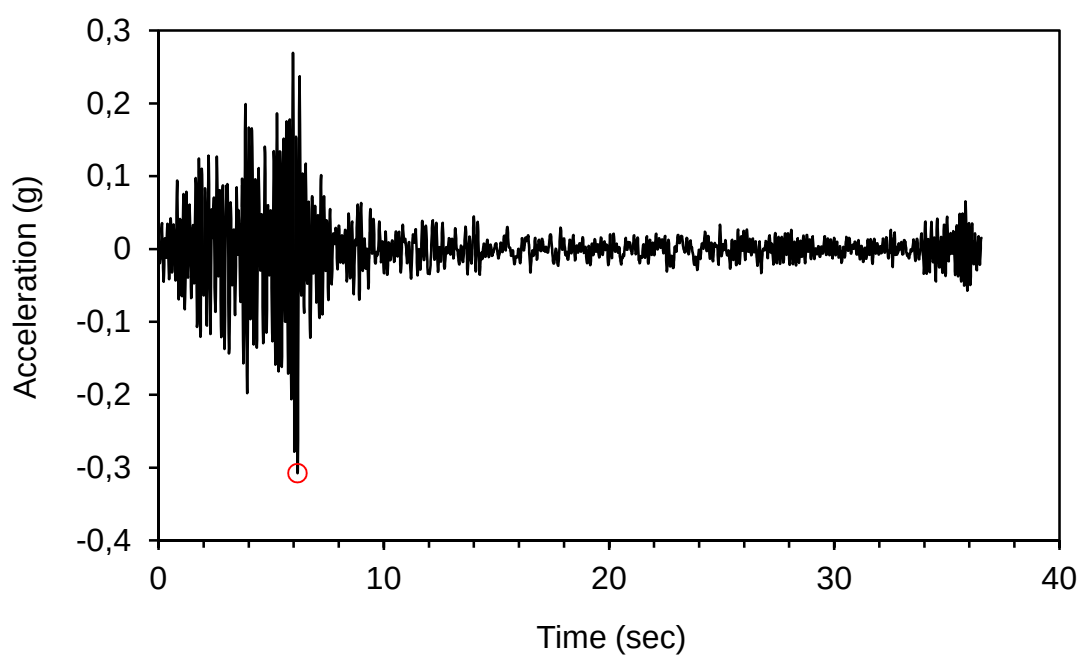


Figura 102 –Spettro di accelerazione di output (waveform id 368)

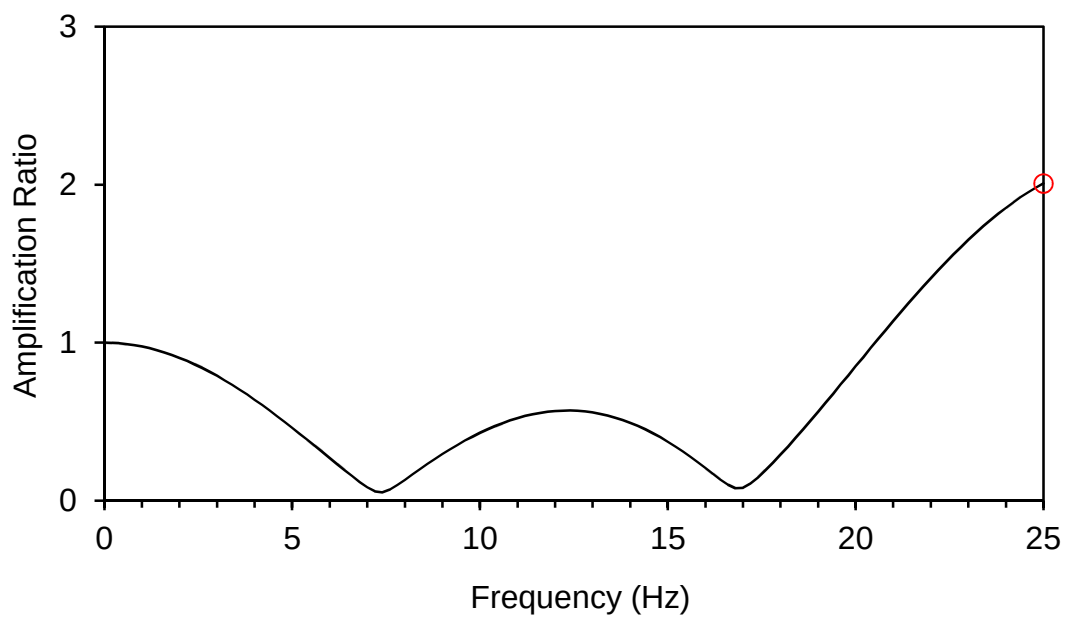


Figura 103 -Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 368)

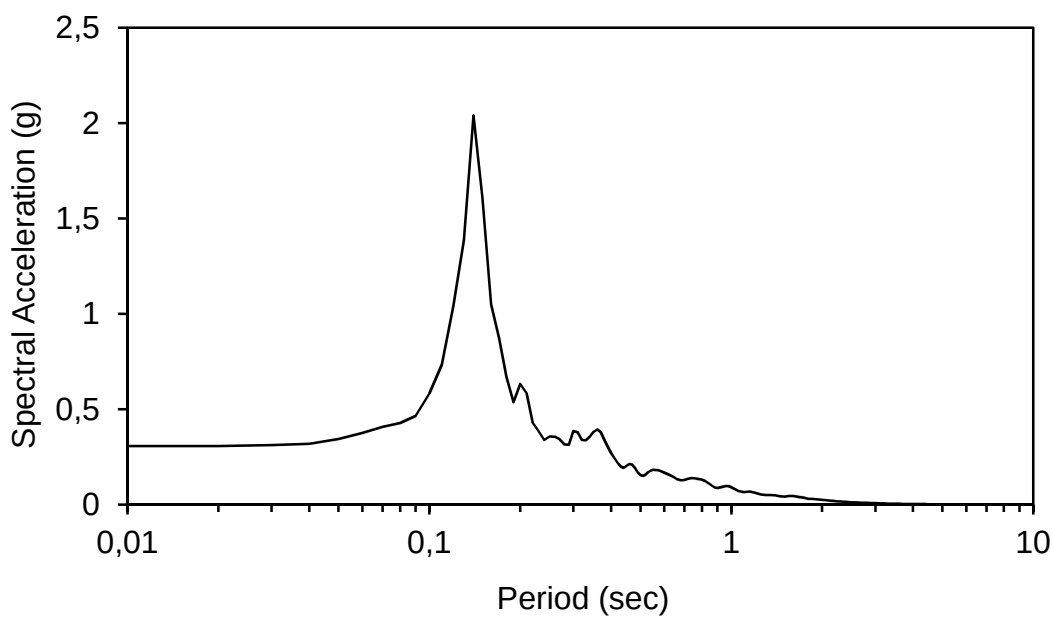


Figura 104 - Accelerazione alla superficie (waveform id 368)

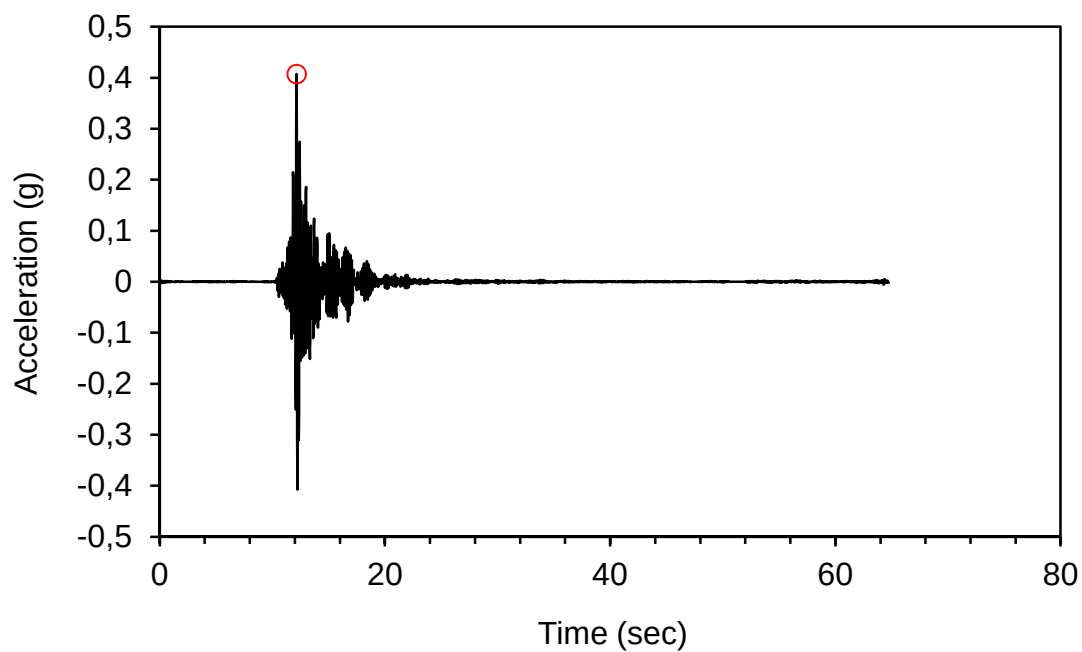


Figura 105 –Spettro di accelerazione di output (waveform id 6332)

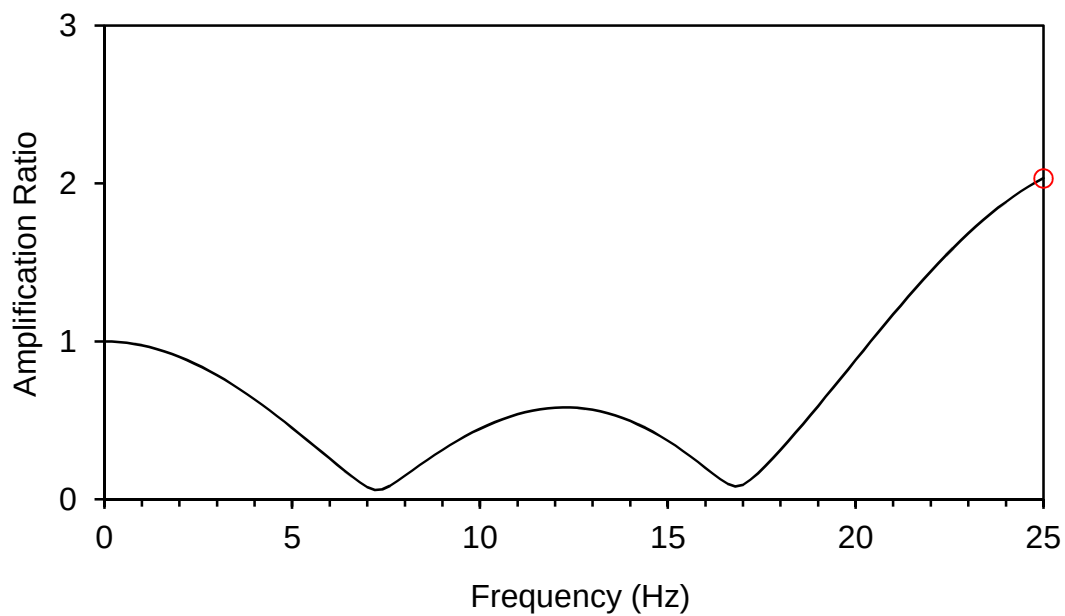


Figura 106 -Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 6332)

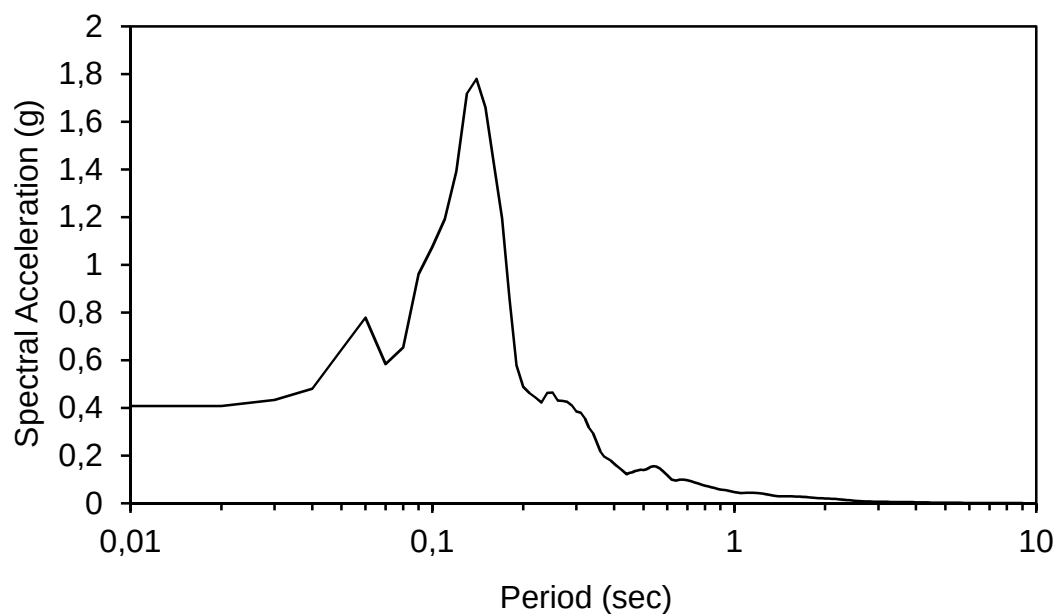


Figura 107 - Accelerazione alla superficie (waveform id 6332)

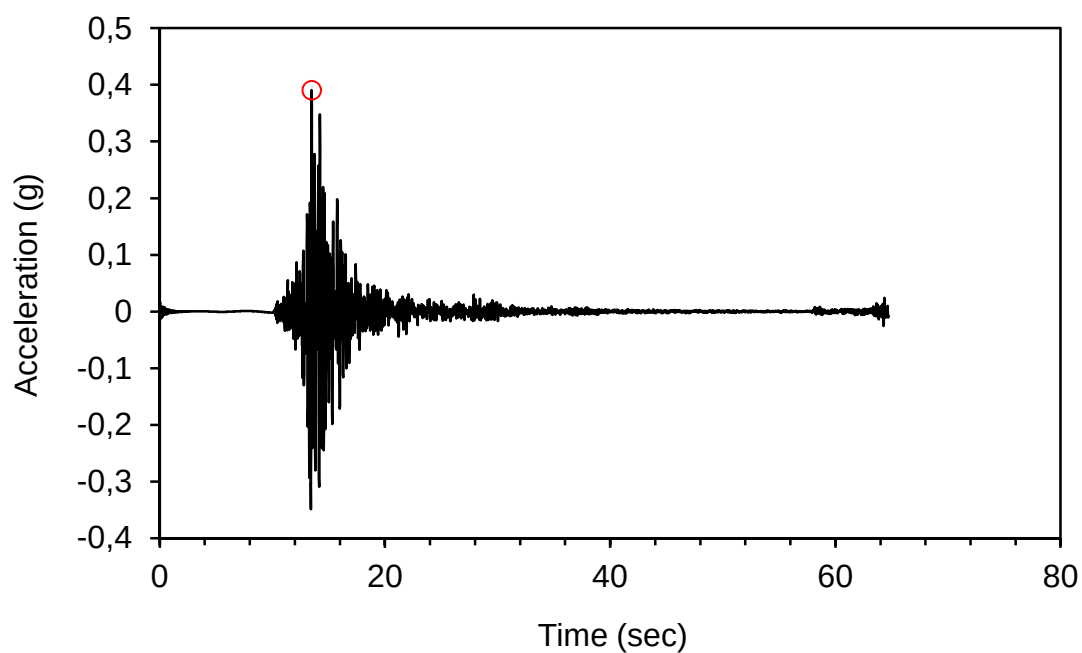


Figura 108 –Spettro di accelerazione di output (waveform id 6335)

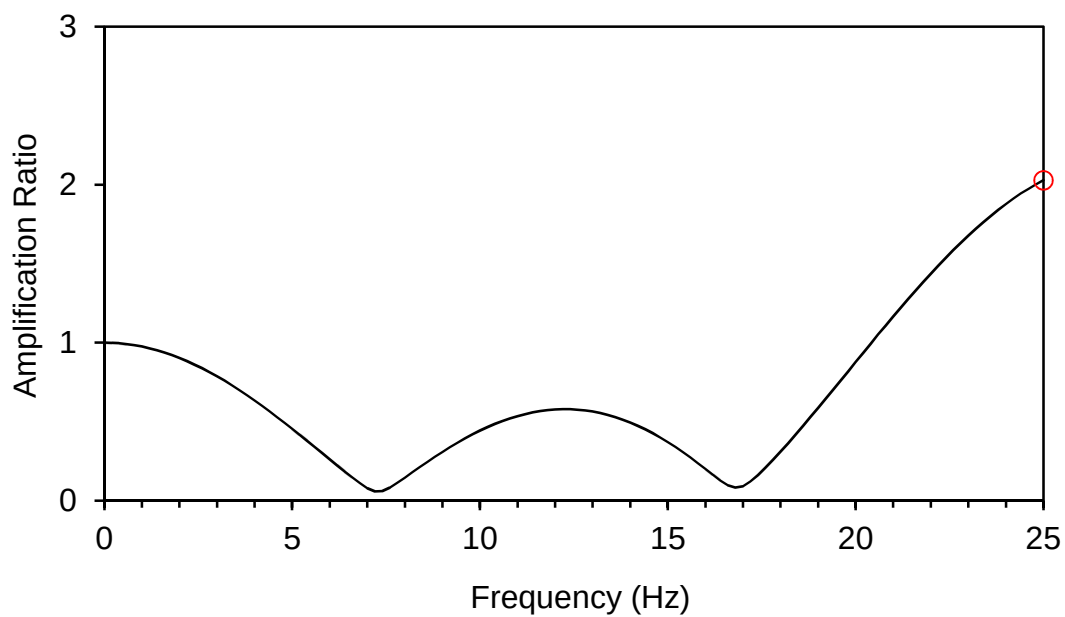


Figura 109 -Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 6335)

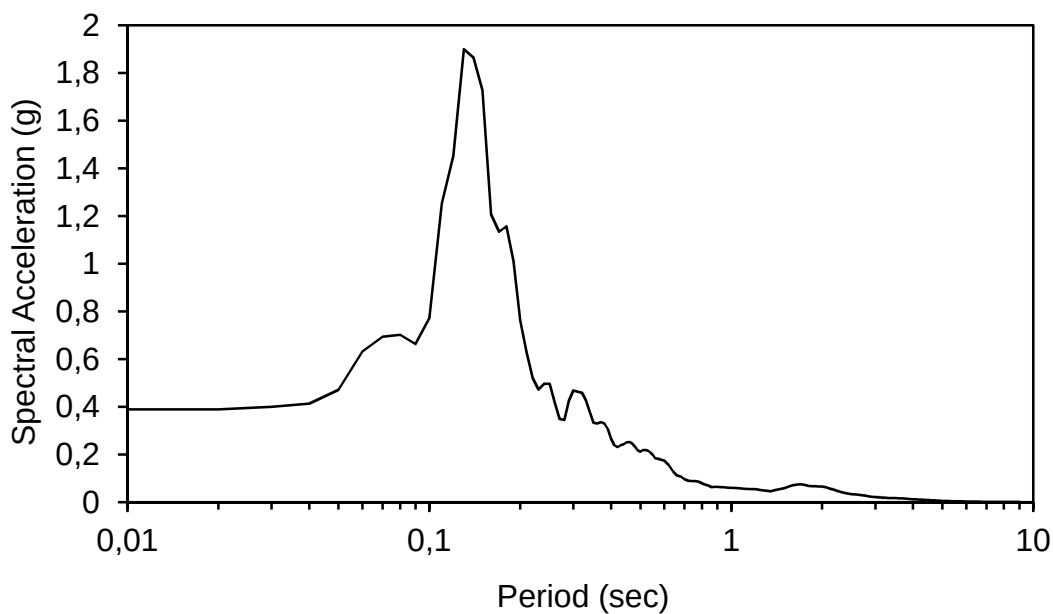


Figura 110 - Accelerazione alla superficie (waveform id 6335)

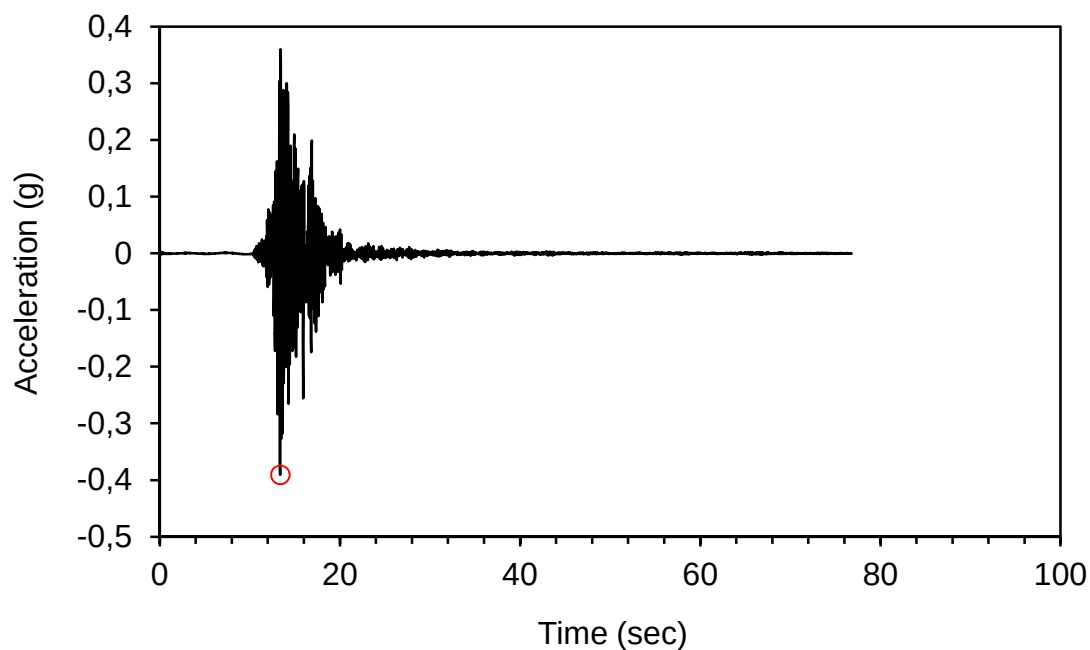


Figura 111 –Spettro di accelerazione di output (waveform id 4674)

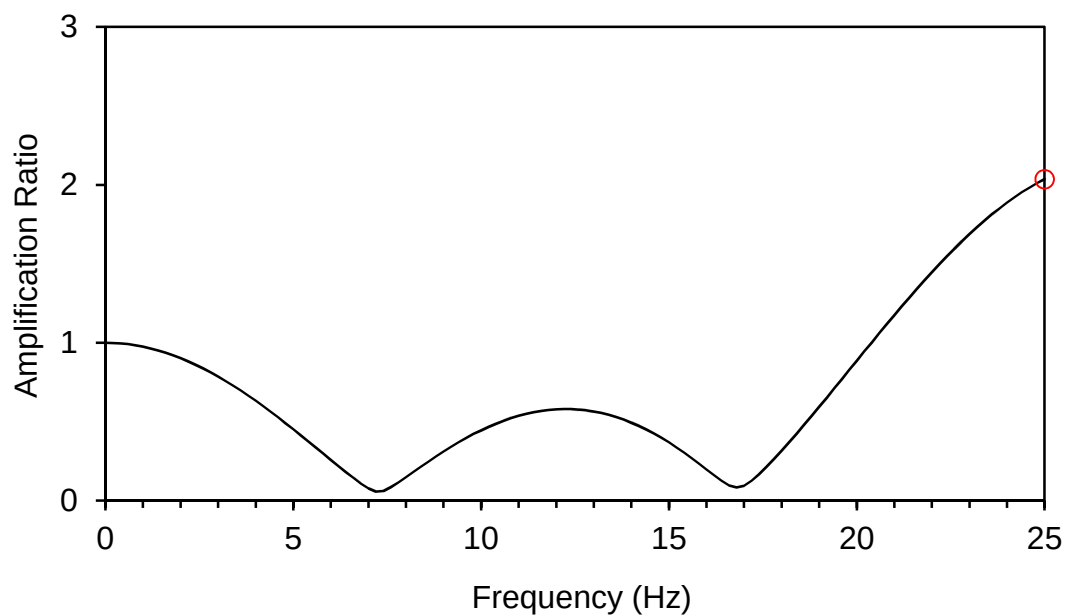


Figura 112 -Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 4674)

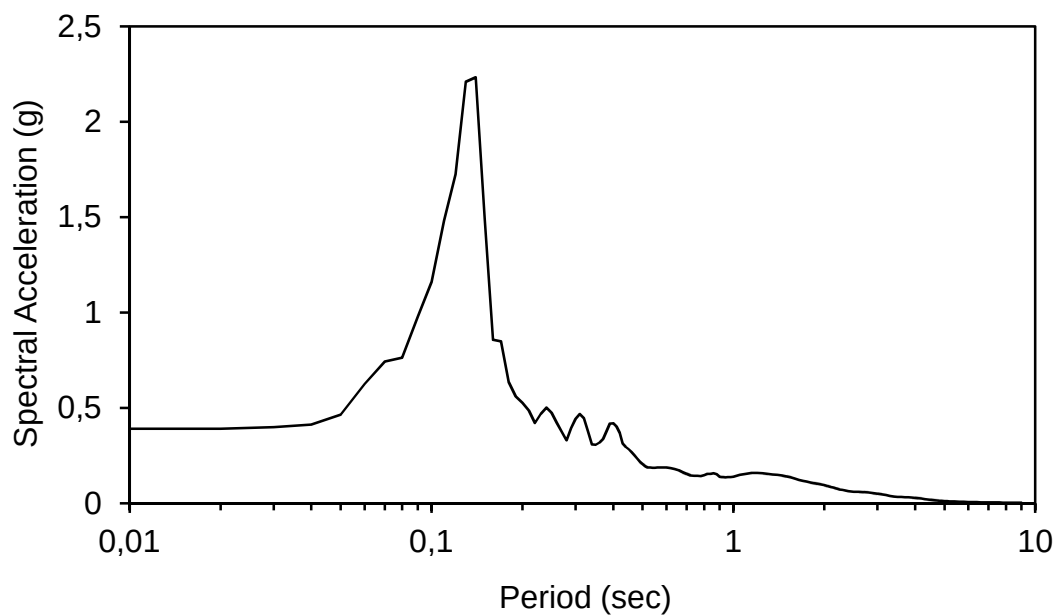


Figura 113 - Accelerazione alla superficie (waveform id 4674)

SITO CM-05

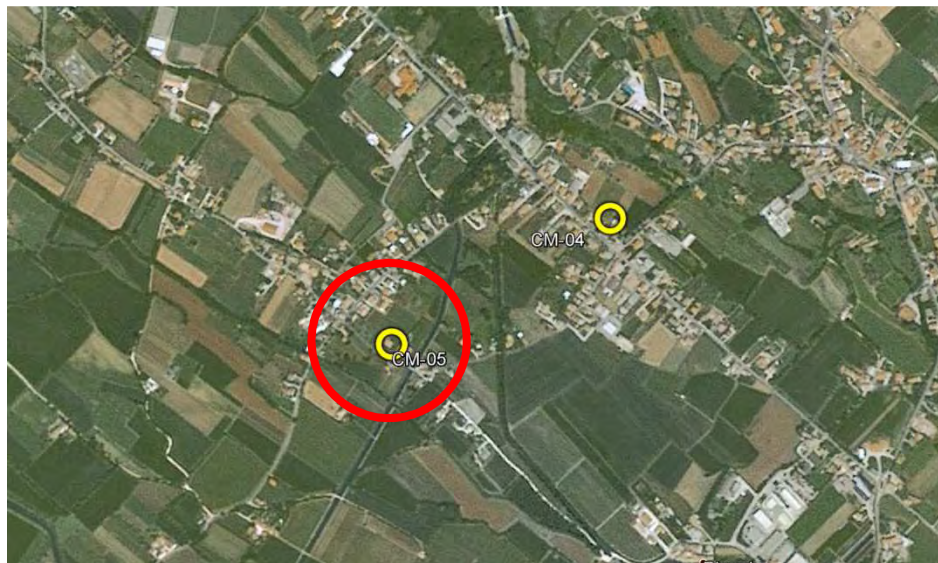


Figura 114 – Ubicazione del sito CM-05

Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw	Fault Mechanism	Epicentral Distance [km]
342	307	ST124	Cazulas		4.9	oblique	24
7142	2309	ST539	Bingol		6.3	strike slip	14
1891	651	ST1320	Kranidia		5.5	?	23
368	175	ST143	Lazio Abruzzo		5.9	normal	22
6332	2142	ST2483	South Iceland (aftershock)		6.4	strike slip	6
6335	2142	ST2557	South Iceland (aftershock)		6.4	strike slip	15
4674	1635	ST2486	South Iceland		6.5	strike slip	5
mean:					5.985714		15.57143

Waveform ID	PGA_X [m/s^2]	PGA_Y [m/s^2]	PGV_X [m/s]	PGV_Y [m/s]	ID_X	ID_Y	Np_X	Np_Y	EC8 Site class
342	0.1501	0.1735	0.0139	0.0089	55.538	78.634	0.72104	0.50194	A
7142	50.514	29.178	0.336	0.2097	73.341	84.263	0.64556	0.85171	A
1891	0.3488	0.2552	0.0107	0.0227	80.673	44.419	0.77818	0.61965	A
368	0.628	0.6706	0.0563	0.0385	70.298	90.898	0.9295	0.84769	A
6332	51.881	55.698	0.218	0.8303	66.884	20.632	0.70838	0.69452	A
6335	12.481	11.322	0.1659	0.1083	64.075	70.906	0.78039	0.61902	A
4674	31.176	33.109	0.6122	0.2377	40.709	98.457	0.79545	0.58565	A

Tabella 21 - Accelerogrammi naturali in ingresso (ESDB)

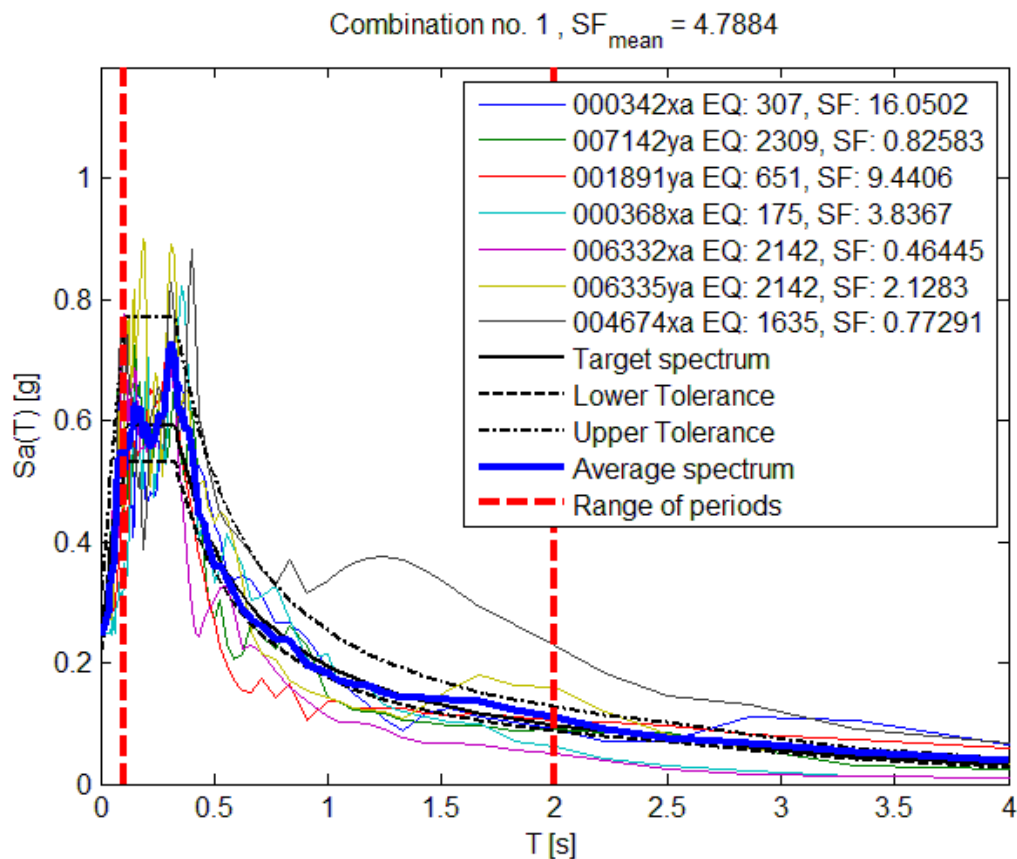


Figura 115 - Spettri in accelerazione relativi agli accelerogrammi naturali e spettro target (NTC_A per SLV)

	Layer Number	Soil Material Type	Number of sublayers in layer	Thickness of layer (m)	Maximum shear modulus Gmax (MPa)	Initial critical damping ratio (%)	Total unit weight (kN/m ³)	Shear wave velocity (m/sec)	Location and type of earthquake input motion	Location of water table	Depth at middle of layer (m)	Vertical effective stress (kPa)
Surface	1	1		2.0	186.72		18.00	319			1.0	18.00
	2	1		2.0	212.11		18.00	340			3.0	54.00
	3	1		2.0	218.39		18.00	345			5.0	90.00
	4	1		2.0	259.41		18.00	376			7.0	126.00
	5	2		2.0	448.49		19.50	475			9.0	163.50
	6	2		2.0	603.49		19.50	551			11.0	202.50
	7	2		2.0	673.30		19.50	582			13.0	241.50
	8	2		2.0	756.72		19.50	617			15.0	280.50
	9	2		2.0	1336.57		19.50	820			17.0	319.50
	10	2		2.0	1620.84		19.50	903			19.0	358.50
Bedrock	11	0			2661.40	1	24.00	1043	Inside		20.0	378.00

Figura 116 – Modello geologico e profilo di velocità semplificati adottati per i calcoli

Waveform ID	Rapporto di amplificazione	Frequenza massima di amplificazione
342	1.000	0
7142	1.000	0
1891	1.000	0
6335	1.000	0

4674	1.000	0
368	1.000	0
6332	1.000	0

Tabella 22 - Accelerogrammi naturali in ingresso (ESDB)

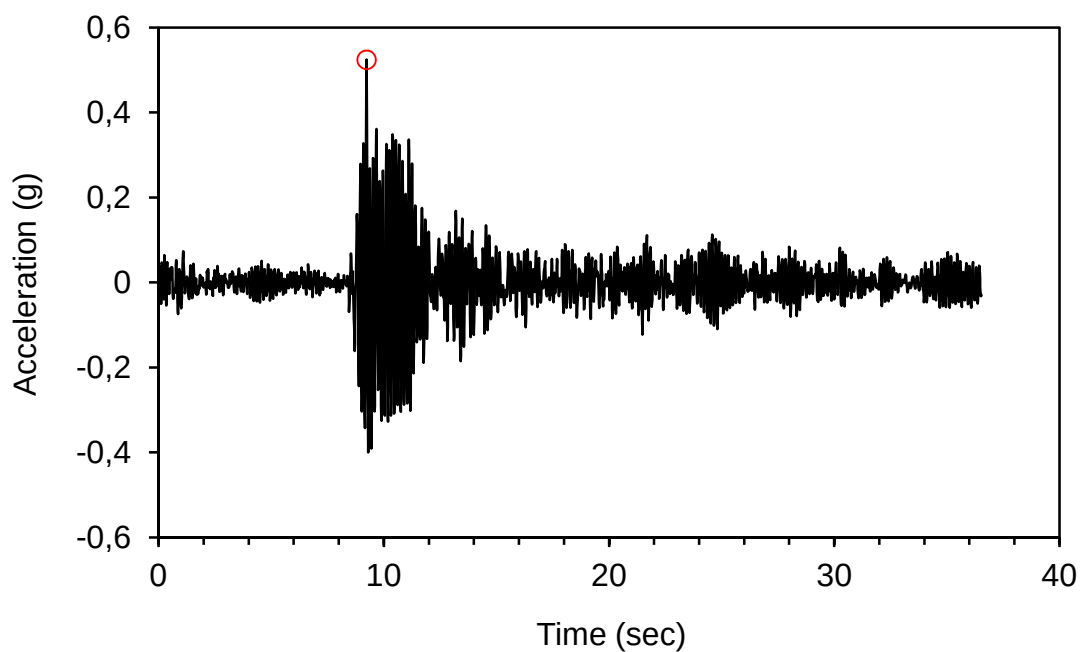


Figura 117 –Spettro di accelerazione di output (waveform id 342)

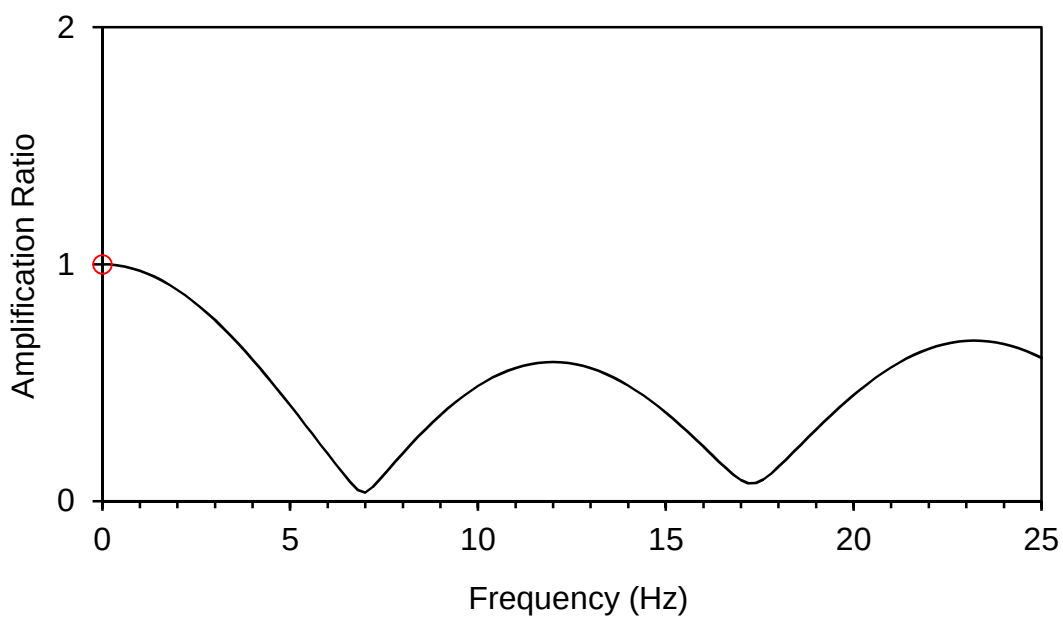


Figura 118 -Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 342)

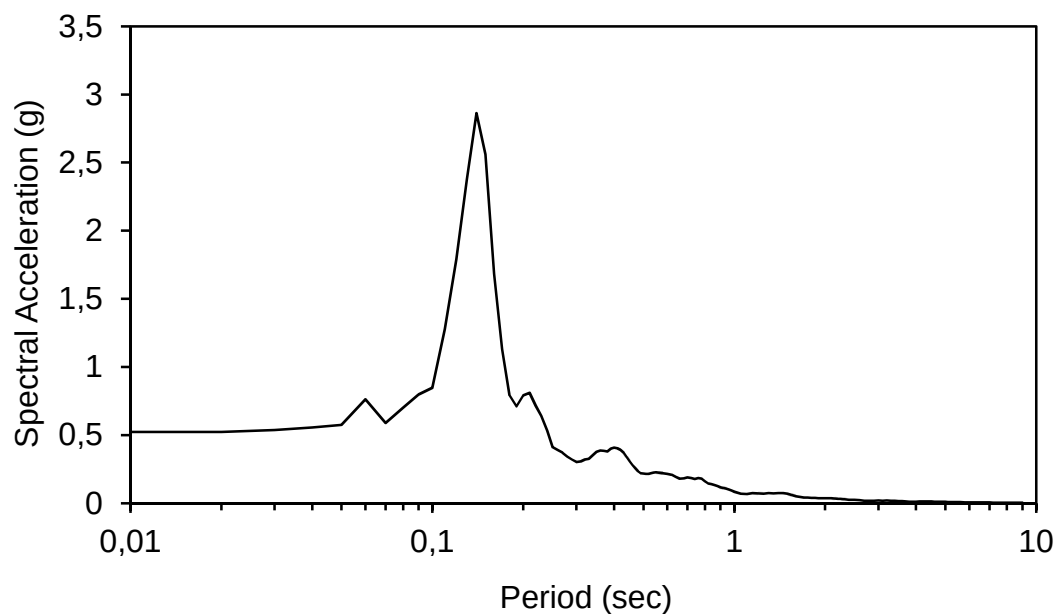


Figura 119 - Accelerazione alla superficie (waveform id 342)

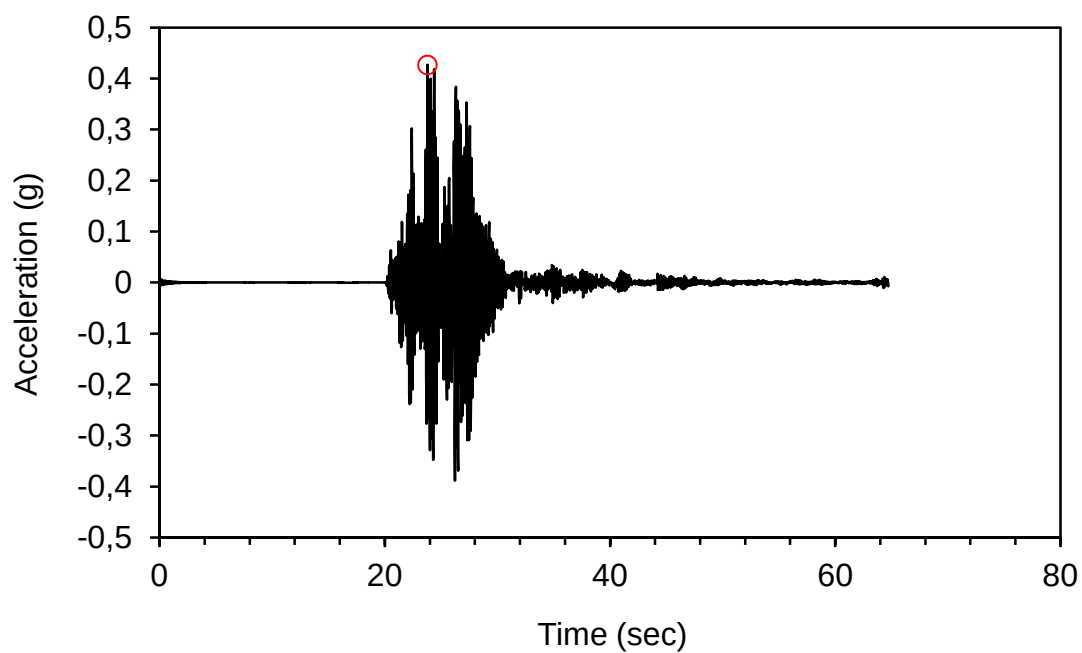


Figura 120 –Spettro di accelerazione di output (waveform id 7142)

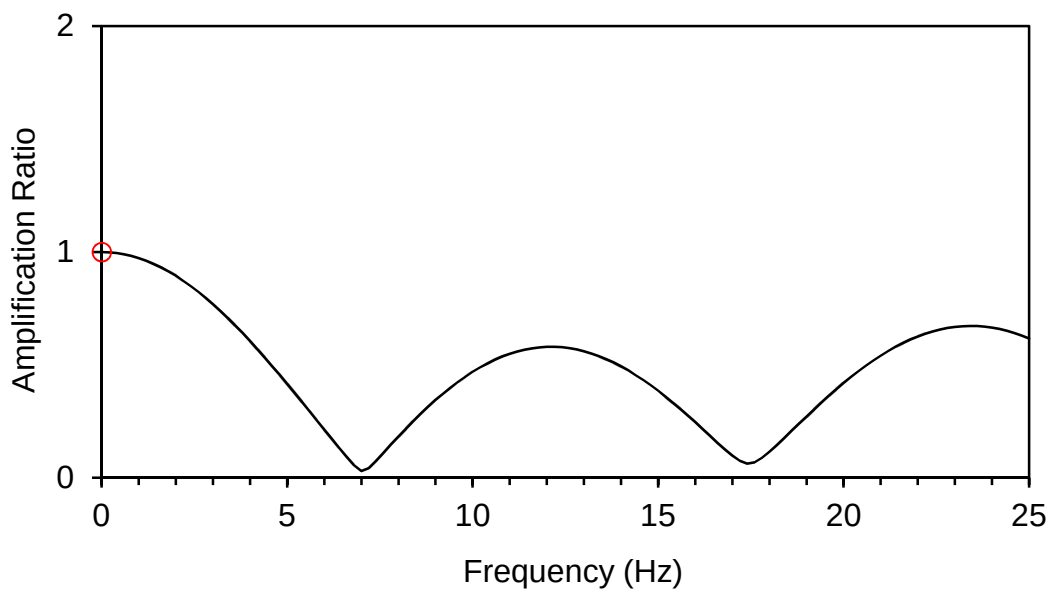


Figura 121 -Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 7142)

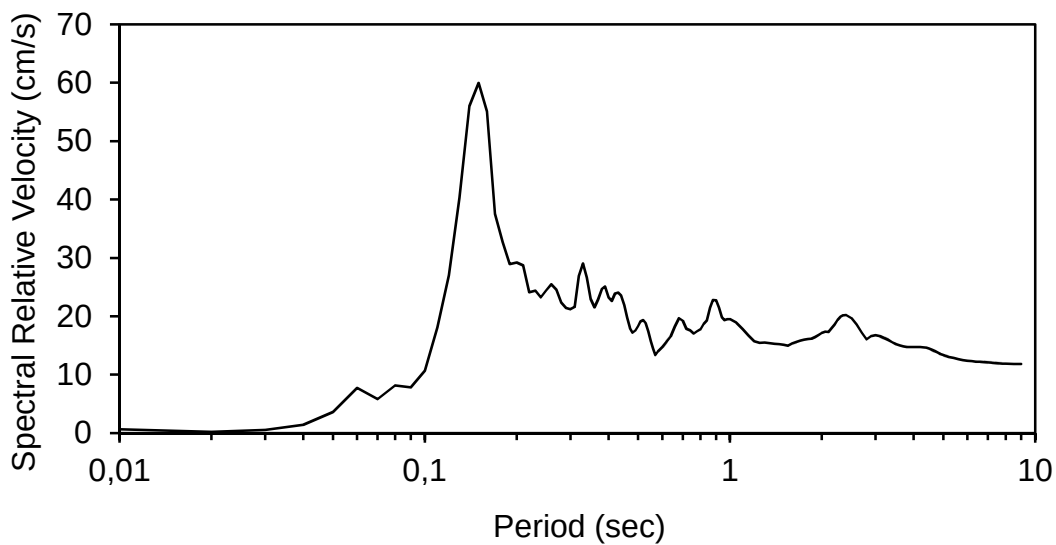


Figura 122 - Accelerazione alla superficie (waveform id 7142)

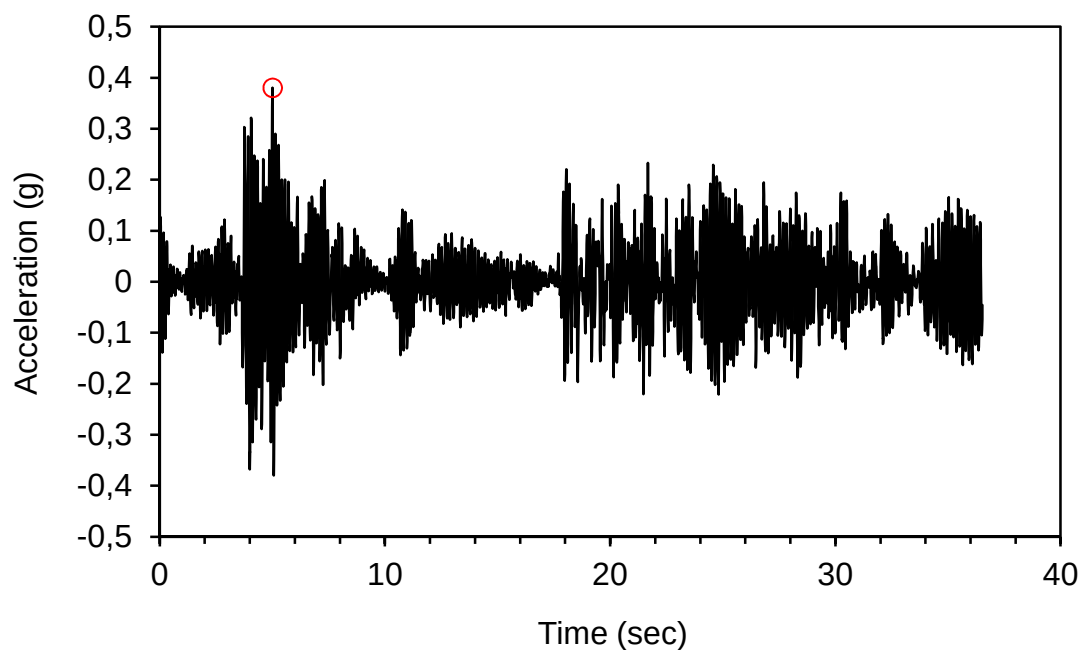


Figura 123 –Spettro di accelerazione di output (waveform id 1891)

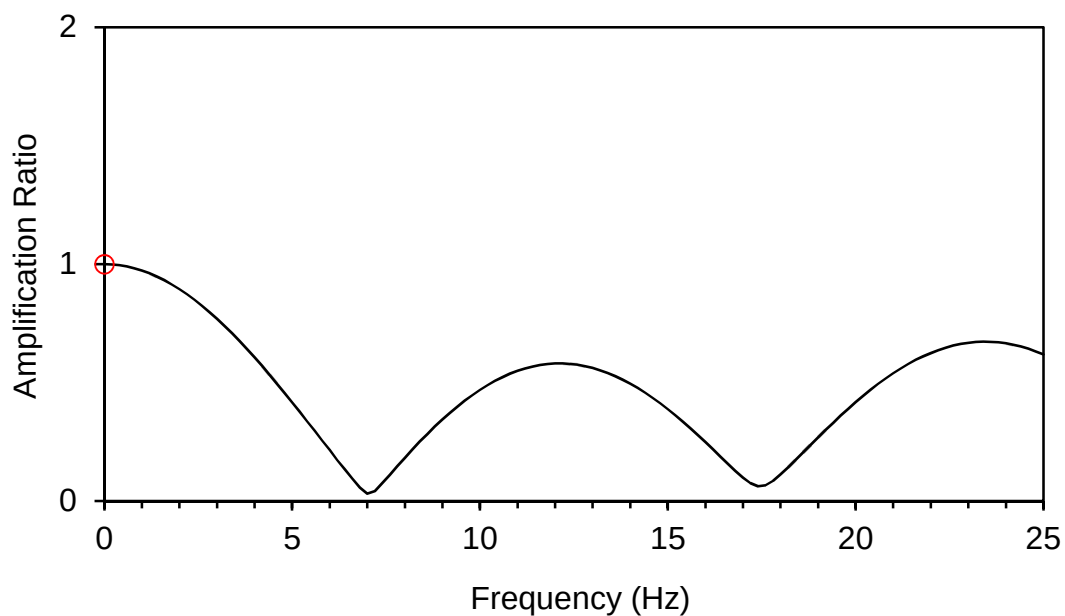


Figura 124 -Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 1891)

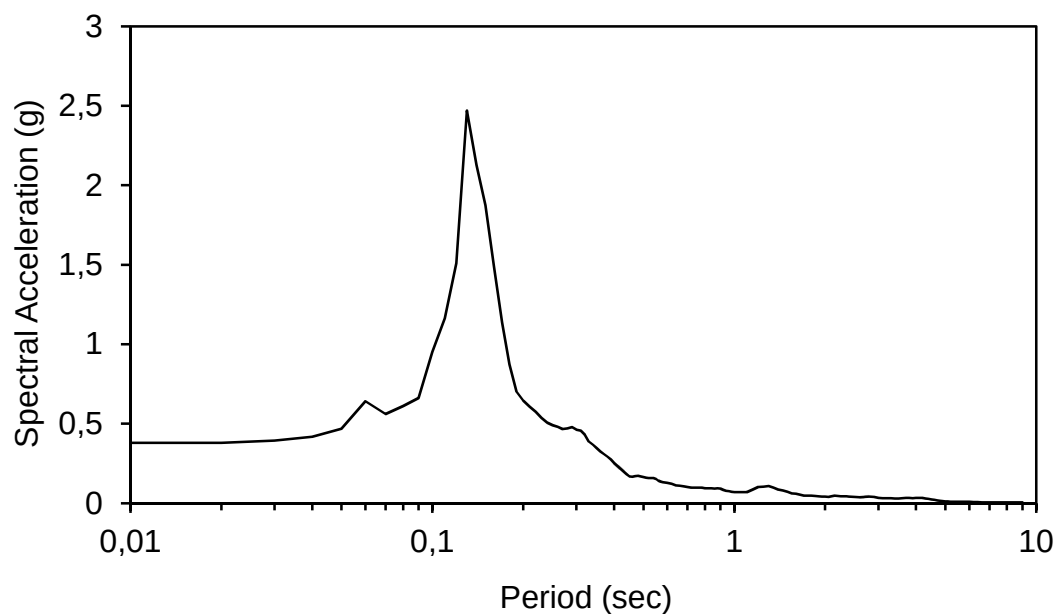


Figura 125 - Accelerazione alla superficie (waveform id 1891)

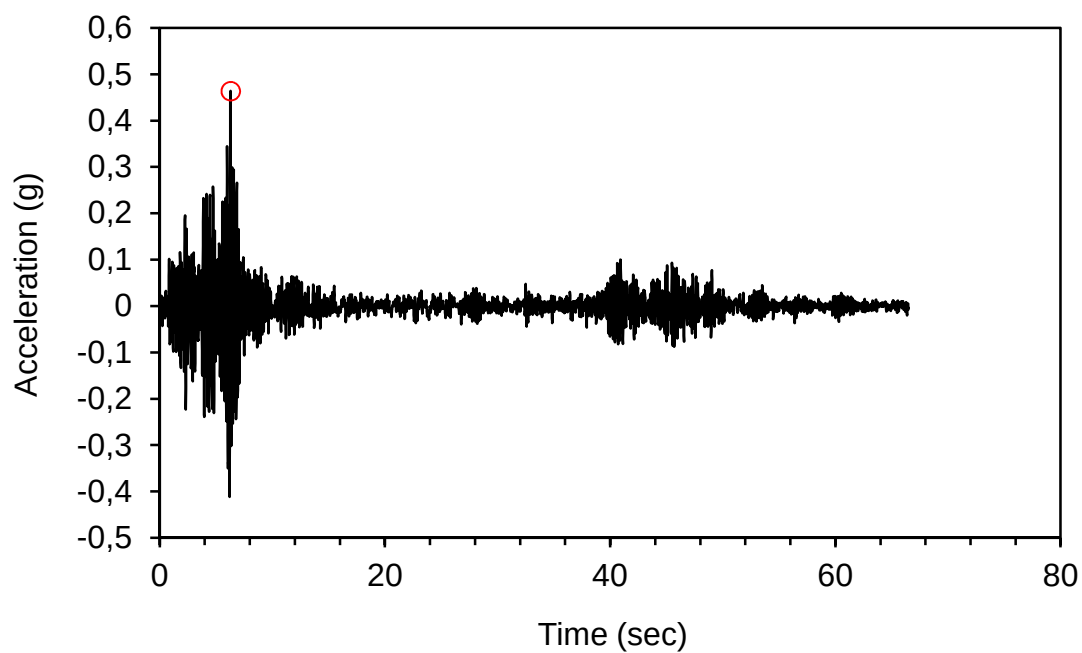


Figura 126 –Spettro di accelerazione di output (waveform id 368)

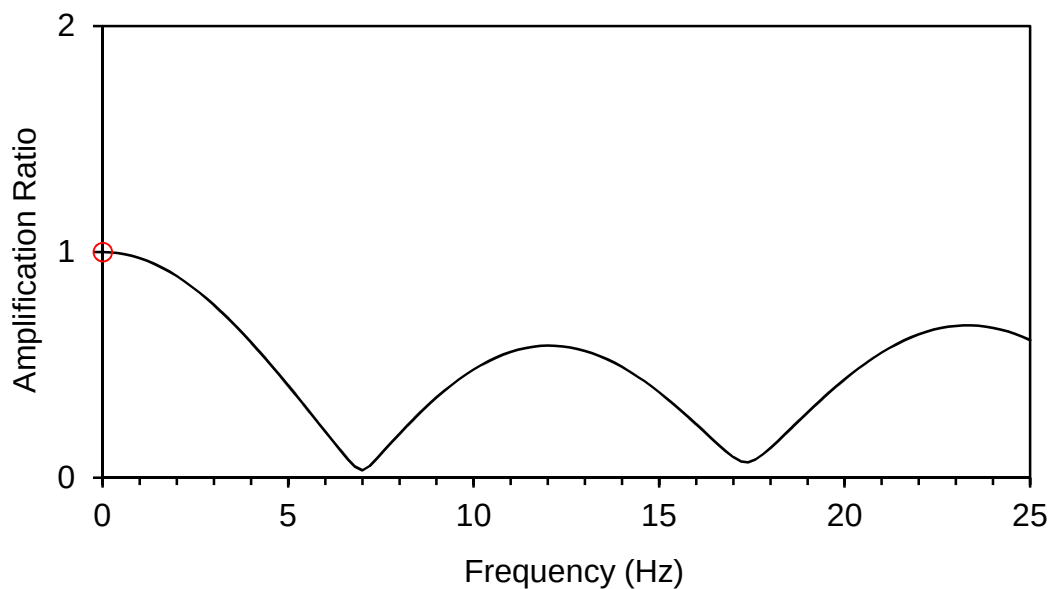


Figura 127 -Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 368)

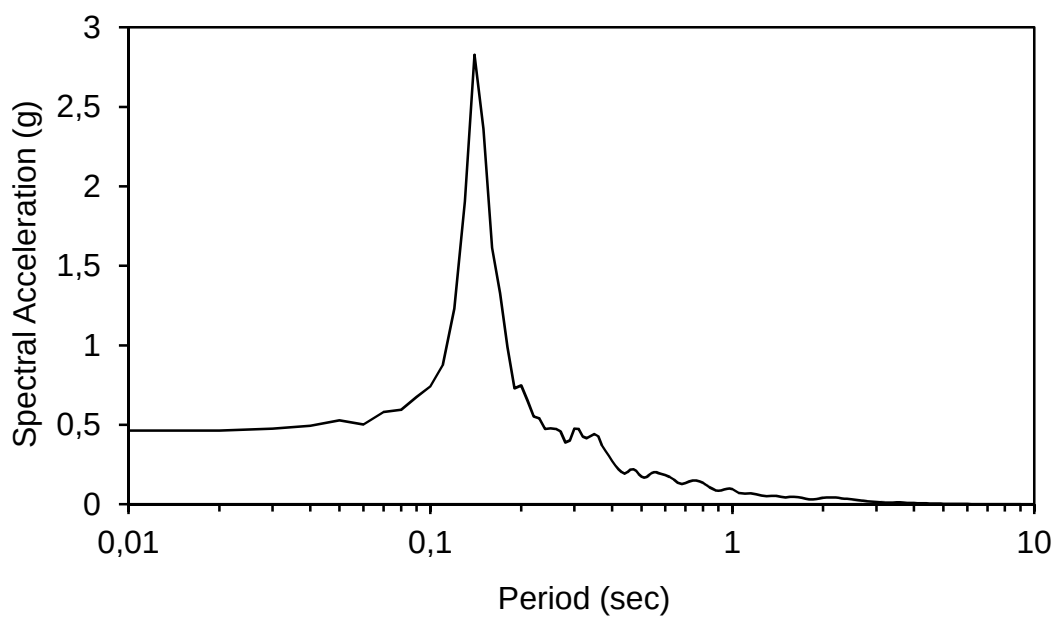


Figura 128 - Accelerazione alla superficie (waveform id 368)

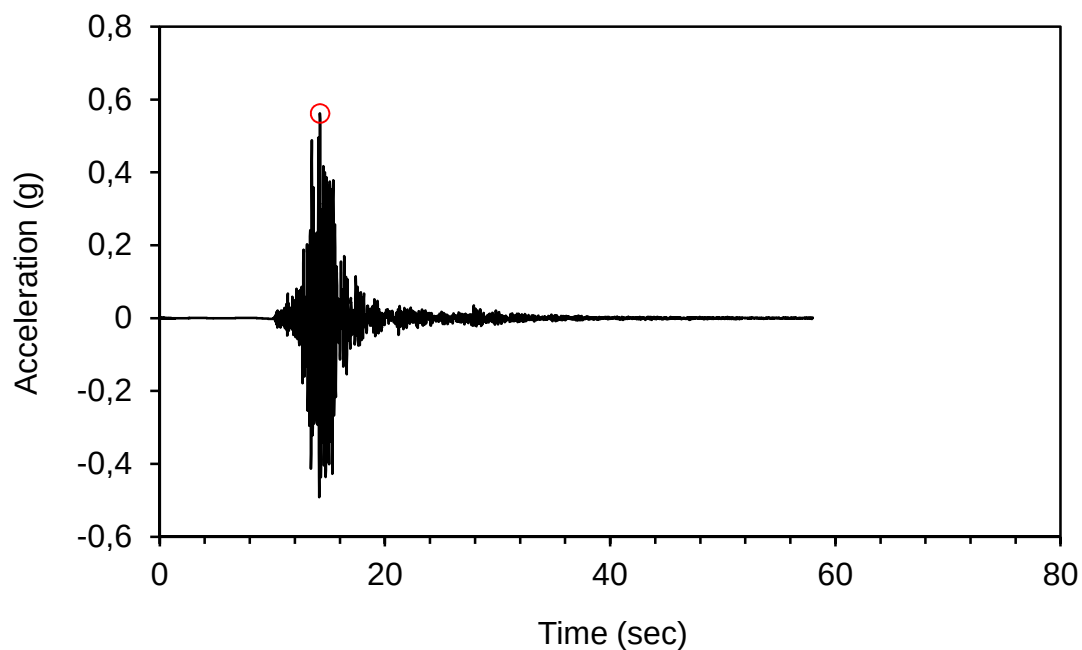


Figura 129 –Spettro di accelerazione di output (waveform id 6332)

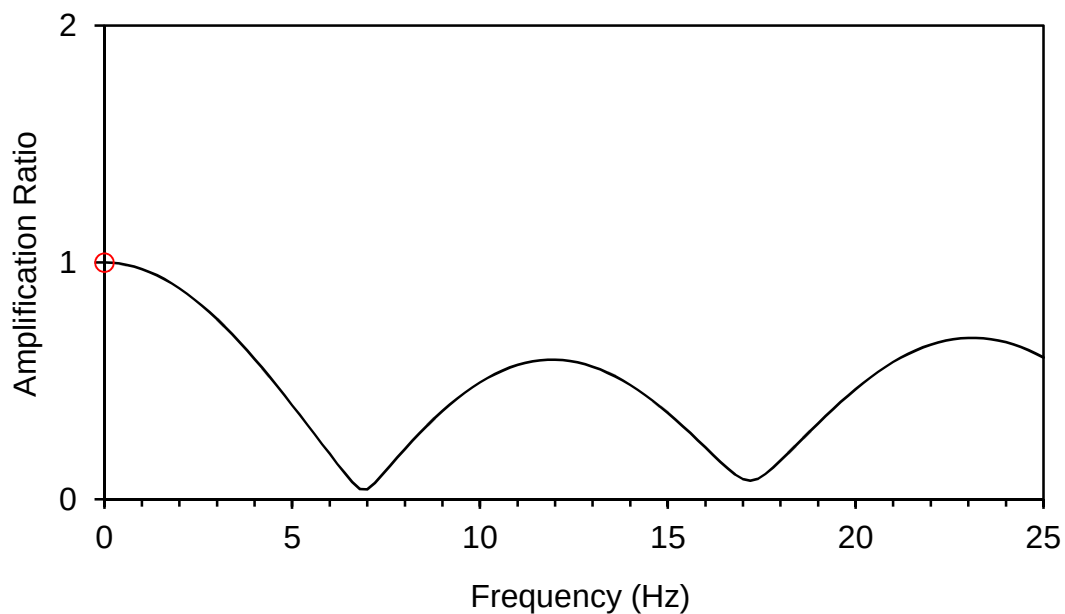


Figura 130 -Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 6332)

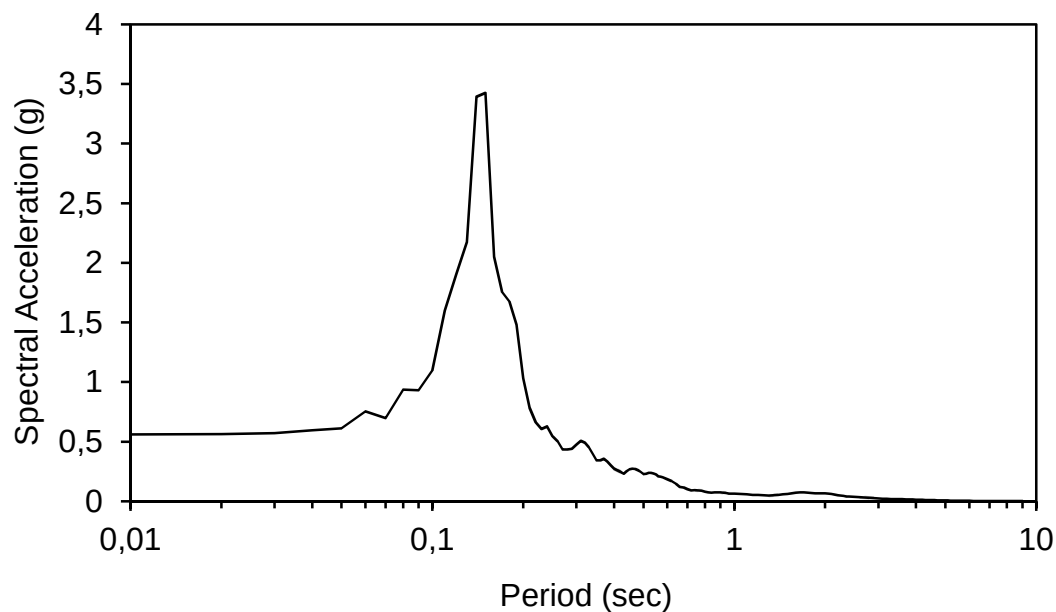


Figura 131 - Accelerazione alla superficie (waveform id 6332)

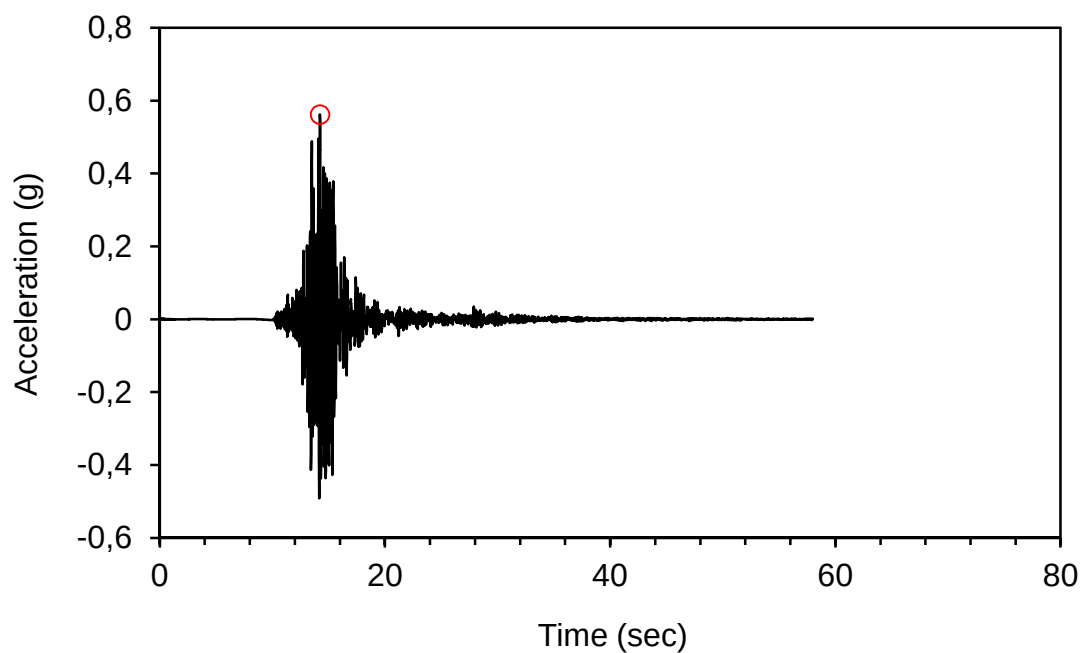


Figura 132 - Spettro di accelerazione di output (waveform id 6335)

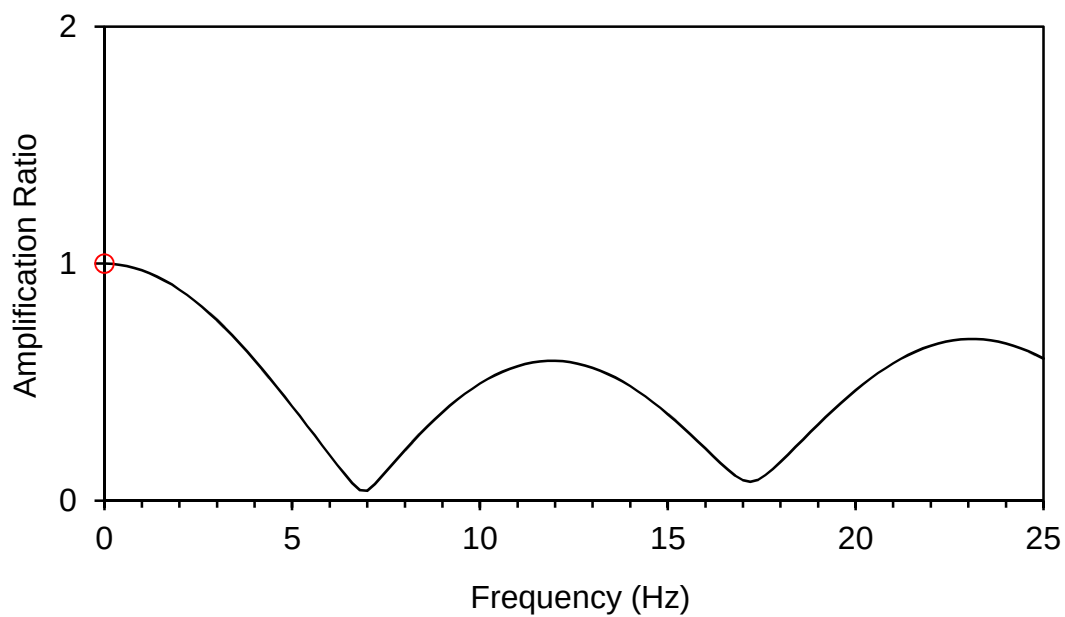


Figura 133 -Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 6335)

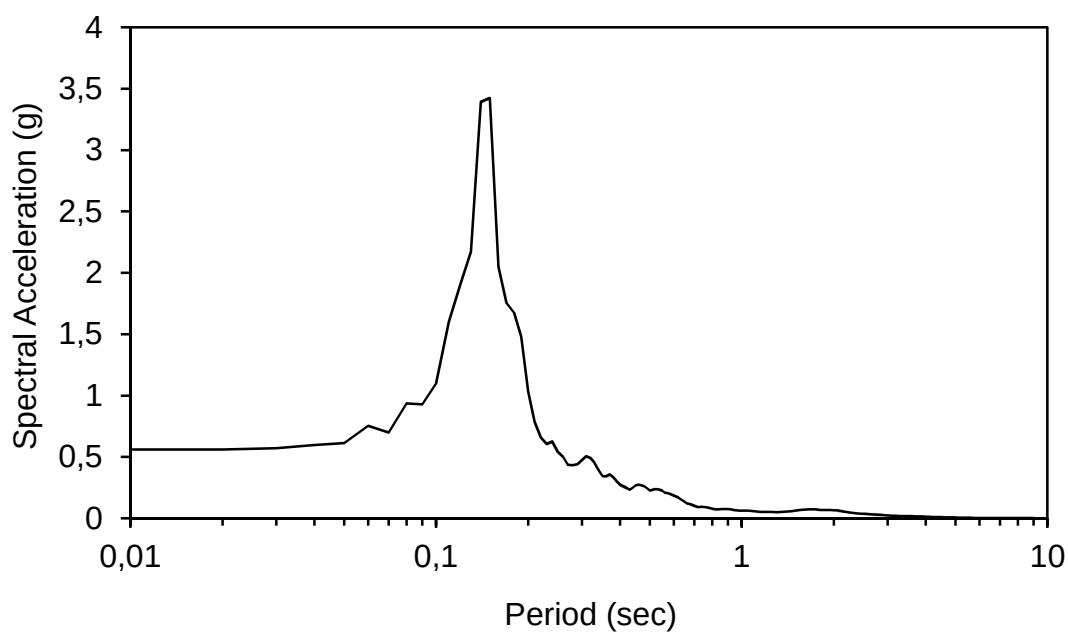


Figura 134 - Accelerazione alla superficie (waveform id 6335)

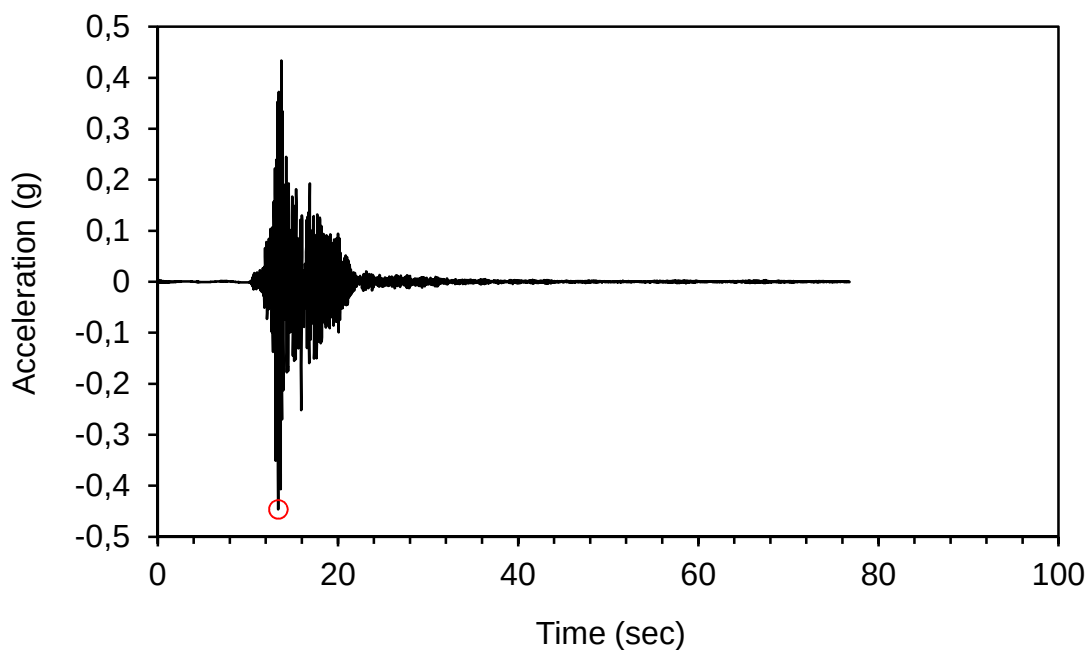


Figura 135 –Spettro di accelerazione di output (waveform id 4674)

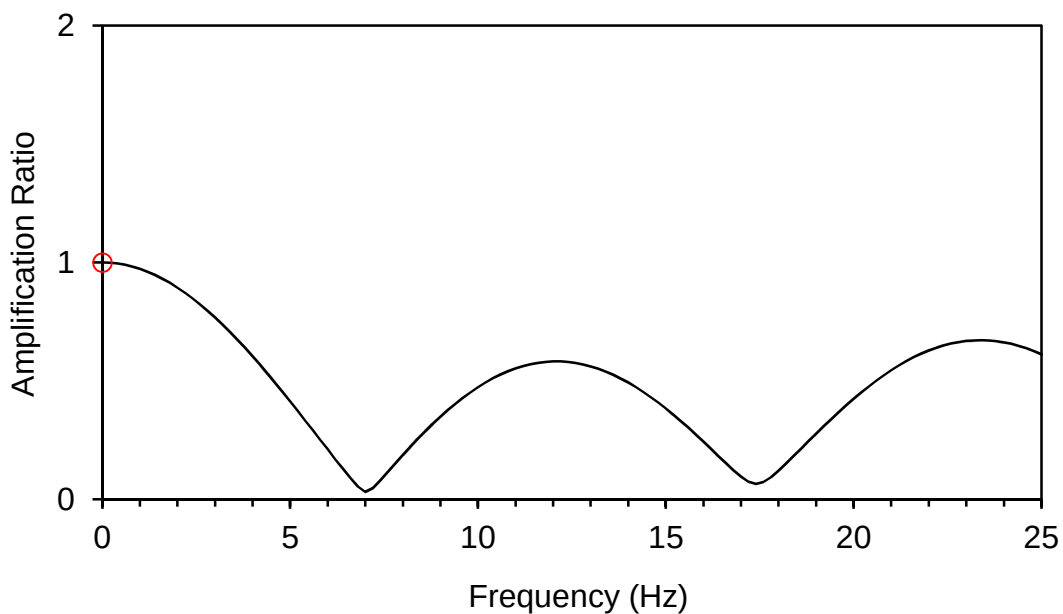


Figura 136 -Rapporto di amplificazione superficie-bedrock (waveform id 4674)

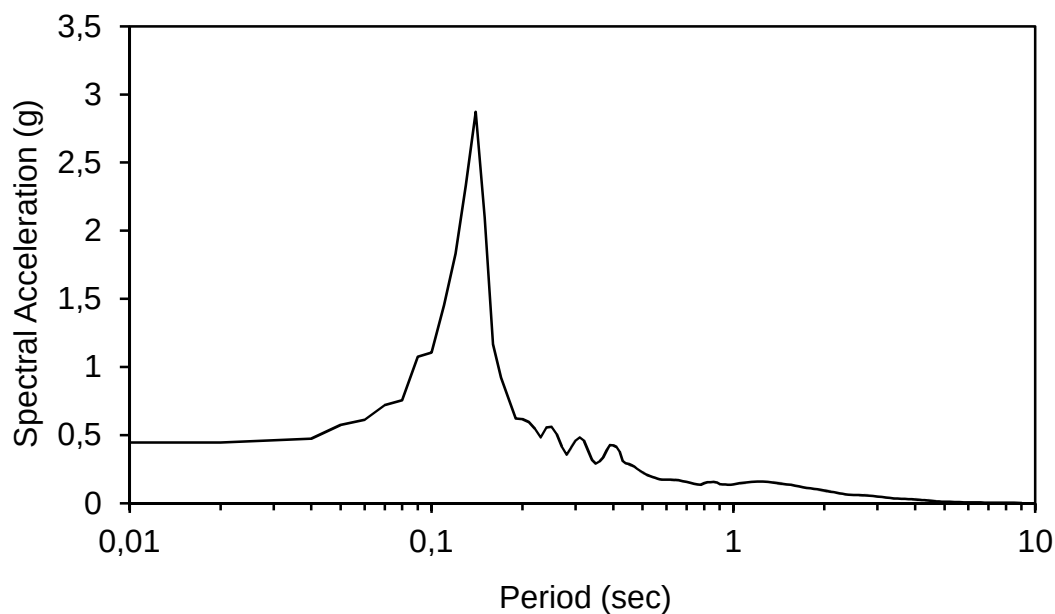


Figura 137 - Accelerazione alla superficie (waveform id 4674)

6.4.4 Commenti allo studio di Risposta Sismica Locale

Nei casi di CM-01, CM-03, CM-04 e CM-05 sono stati utilizzati come dati in ingresso i profili di Vs ottenuti da misure Remi. Per il sito CM-02 sono state utilizzate informazioni stratigrafiche disponibili (due sondaggi). Il modello geologico è stato costruito mediando i valori di profondità e introducendo valori tabellari di Vs.

Il solo sito CM-04 mostra valori di amplificazione superiori a 1 (mediamente 2 con un solo valore di circa 6); tutti gli altri non indicano amplificazione.

I valori di amplificazione risultano congruenti con gli studi precedenti e col quadro generale ottenuto dagli studi di MS di Primo e di Secondo Livello, pur con le differenze conseguenti i diversi approcci analitici adottati.

7 Commenti finali e criticità

Il territorio comunale presenta una discreta variabilità morfologica e geolitologica. Le coperture sedimentarie sono differenziate sia nei caratteri tessiturali, che nelle geometrie.

Sono inoltre segnalate limitate condizioni di dissesto idrogeologico (frane). Sono quasi assenti le informazioni sulla stratigrafia e sulla profondità del substrato sismico; tale situazione determina una difficoltà intrinseca nel definire la risposta sismica locale. Per tale motivo si è cercato di ricostruire la sismostratigrafia dei luoghi attraverso l'esame di studi pregressi e della classificazione del territorio effettuata in sede di realizzazione degli strumenti urbanistici; sono state inoltre ipotizzate alcune condizioni geologico-giacaturali che dovranno essere controllate in fase di progettazione esecutiva delle opere.

Le valutazioni sullo spessore dei sedimenti di pianura sono state condotte attraverso misure geofisiche indirette e pertanto risentono del grado di approssimazione intrinseco ai metodi di misura e di elaborazione impiegati.

Per quanto riguarda le prove eseguite ai margini del rilievo o sui versanti si tenga presente che ci si allontana dalle condizioni di unidimensionalità, e quindi non sono verificate le condizioni teoriche che stanno alla base dei metodi applicati e questo vale in particolare per le misure HVSR.

Le instabilità da faglie capaci provengono da faglie cartografate a piccola scala, che con ogni probabilità non hanno corrispondenza reale con il terreno se rappresentate alla scala 1:10.000.

In fase di realizzazione delle relazioni geologiche, che dovranno accompagnare i progetti definitivi/esecutivi dei manufatti, sarà necessario programmare una campagna di indagini geognostiche che tengano conto anche delle linee guida della Regione Veneto le quali, benché non prescrittive, stabiliscono un utile termine di riferimento per qualità e quantità di prove. A tal proposito sarà opportuno anche considerare l'esecuzione di specifiche prove geotecniche in sito e su campione. Ciò è particolarmente vero per le verifiche sulla stratigrafia e sulla profondità del bedrock sismico e per le verifiche alla liquefazione dei terreni, attraverso l'acquisizione dei necessari parametri geotecnici previsti dalla normativa, valutando se ricorrano altre condizioni di attenzione. In tutti i casi dubbi, si dovranno valutare tutte le rimanenti condizioni di amplificazione sismica o di attenzione per le instabilità, ricorrendo anche ad ulteriori analisi di terzo livello ove ricorra il caso.

Per tutti gli esiti analitici esposti nel presente studio è necessario valutare correttamente le approssimazioni e le generalizzazioni che le normative e le tecniche applicate introducono.

Benché gli studi di Secondo e di Terzo Livello abbiano verificato in linea del tutto generale l'assenza di suscettibilità alla liquefazione, è opportuno ricordare che non tutte le verticali sono state investigate fino alle profondità richieste, stante la mancanza di indagini geognostiche, e che in fase di progetto esecutivo la verifica alla liquefazione dovrà essere eseguita in tutti i lotti interessati, posto che l'architettura sedimentaria locale non esclude che esistano lenti di sabbia che ricadono nei depositi liquefacibili.

Il presente studio è parte dello strumento urbanistico comunale, ma nel caso di esecuzione di manufatti o di interventi nel territorio non può in alcun modo sostituire le indagini e le elaborazioni puntuali, esplicitamente previste alle NTC 2008, con le successive modifiche e integrazioni.

NOTA REGIONE VENETO

Infine, in riferimento alla nota della Regione Veneto del 16 dicembre 2014, prot. 538344/70.07.14.00.00 relativa alla Variante 5 del Piano degli Interventi del Comune di Cappella Maggiore si comunica che sono state accolte le richieste avanzate, specificando che:

- per le 5 aree di espansione è stata condotta, come richiesto, l'analisi di MS di Secondo Livello;
- i lotti H6, H3/H4/H5, H11/H12, H15/H16/H17, H19/H20, H22/H23, H24/H25, H26/H27, H36/H37, H38/H39, H41/H42, H46/H47 sono inclusi nello studio di MS di Secondo Livello;
- sia attraverso la MS di Secondo Livello che attraverso gli approfondimenti di Terzo Livello sono state condotte le verifiche alla liquefazione (anche con analisi granulometriche), che hanno dato esito negativo per tutte e 5 le aree di espansione.

Si prescrive che, in fase di progettazione dell'intervento:

- tutti i lotti singoli asseverabili siano sottoposti ad approfondimenti di Secondo Livello, con le eventuali integrazioni del Primo Livello;
- che, vista la natura dei terreni, sia condotta comunque una specifica e puntuale verifica alla liquefazione sulle verticali delle opere in progetto.

Dr. Geol. Paolo Sivieri



Dr. Geol. Giovanni Rigatto



Dr.ssa Geol. Monica Petta



8 Bibliografia

Ambraseys, N., Smit, P., Sigbjornsson, R., Suhadolc, P. and Margaris, B., 2002: Internet-Site for European Strong-Motion Data, European Commission, Research-Directorate General, Environment and Climate Programme, <http://www.isesd.cv.ic.ac.uk/ESD/>

Bard, P.Y. and Bouchon, M.; 1985: The 2D resonance of sediment-filled valleys. *Soc. Am.*, 75, 519-541.

Bosellini A. and Doglioni C. (1988): Progradation Geometries of Triassic Carbonate Platforms of the Dolomites, and Their Large-Scale Physical Stratigraphy. AAPG excursion in the Dolomites: Guide book. Mediterranean Basins - Nice Conference, Field Trip n. 6, 1-45.

Burrato P., Ciucci F. and Valensise G.; 2003: An inventory of river anomalies in the Po Plain, Northern Italy: Evidence for active blind thrust faulting. *Ann. Geophys.*, 46, pp. 865-882.

Castellarin A.; 2002: The Italian side of the Transalp seismic reflection profile-geological overview. *Boll. Soc. Geol. Ital., Spec. Vol. 1*, pp. 61-65.

Castellarin A. and Cantelli L.; 2000: Neo-Alpine evolution of the Southern Eastern Alps. *J. Geodyn.*, 30, 251-274.

Dal Piaz G.V., Antonelli R., Barbieri G., Dal Prà A., De Zanche V., Grandesso P., Mietto P., Sedeo R., Zanferrari A. and Spagna V.; 1988: Carta Geologica del Veneto Scala 1:250.000. Note illustrative. Servizio Geologico d'Italia and Regione Veneto, SELCA, Firenze, Italy, 31 pp.

Doglioni C.; 1990: Thrust tectonics examples from the Venetian Alps. *Studi Geol.*

Francesco R. (2014, inedito): La tecnica HVSR.

Gruppo di Lavoro MS; 2008: Conferenza delle Regioni e delle Provincie Autonome. Dipartimenti della Protezione Civile, Roma "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica".

Iervolino I., Galasso C., Cosenza E., 2009: REXEL: computer aided record selection for code-based seismic structural analysis. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 8:339-362. DOI 10.1007/s10518-009-9146-1

Loke; 2001: Electrical imaging surveys for environmental and engineering studies.

Meletti C. and Valensise G.; 2004: Zonazione sismogenetica ZS9 - App.2 al Rapporto Conclusivo. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Roma, Italy, 38 pp.

Meletti C., Patacca E. and Scandone P.; 2000: Construction of a seismotectonic model: The case of Italy. *Pageoph*, 157, pp. 11-35.

Nakamura, Y.; 1989: A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface, *Quarterly Report Railway Tech. Res. Inst.*, 30, pp. 25-30.

Nakamura, Y.; 2000: Clear identification of fundamental idea of Nakamura's technique and its applications, *Proceedings of the 12th World Conference on Earthquake Engineering*, Auckland, New Zealand.

Nogoshi, M. and Igarashi, T.; 1971: On the Amplitude Characteristics of Microtremor (Part 2) (in Japanese with English abstract), *Jour. Seism. Soc. Japan*, 24, pp. 26-40.

Piano di Assetto del Territorio del comune di Cappella Maggiore (TV); 2013: Relazione geologica.

Park, C. B., Xia, J., and Miller, R. D.; 1998: Ground roll as a tool to image near-surface anomaly: 68th Ann. Internat. Mtg., Soc. Expl. Geophys., Expanded Abstracts, pp. 874-877.

Regione del Veneto "Linee guida per l'esecuzione di studi di microzonazione sismica", Allegato A.

Slejko D., Carulli G.B., Carraro F., Castadini D., Cavallin A., Doglioni C., Iliceto V., Nicolich R., Rebez A., Semenza E., Zanferrari A. and Zanolle C.; 1987: Modello sismotettonico dell'Italia nord-orientale. CNR, Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti (GNDT), Trieste, Italy, 84 pp.

Slejko D., Carulli G.B., Nicolich R., Rebez A., Zanferrari A., Cavallin A., Doglioni C., Carraro F., Castaldini D., Iliceto V., Semenza E. and Zanolle C.; 1989: Seismotectonics of the eastern Southern-Alps: A review. Boll. Geof. Teor. Appl., 31, pp. 109-136.

Slejko D., Rebez A. and Peruzza L.; 2003: Analisi e studi necessari per la valutazione della pericolosità sismica del territorio veneto. Rel. 2/03-OGA-1, Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale, Trieste, 38 pp.

Stokoe, K. H., II, Wright, G. W., James, A. B., and Jose, M. R.; 1994: Characterization of geotechnical sites by SASW method, in Woods, R. D., Ed., Geophysical characterization of sites: Oxford Publ.

Sugan M., L. Peruzza; 2011: Distretti sismici del Veneto. Boll. Geof. Teor. Appl., 52, suppl. 4, pp. 3-90.

Valensise G. and Pantosti D.; 2001: Database of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy. Ann. Geof., 44, pp. 1-180.

Zanferrari A., Bollettinari G., Carobene L., Carton, A., Carulli G. B., Castaldini D., Cavallin A., Panizza, M., Pellegrini G. B., Pianetti F., Sauro U.; 1982: Evoluzione neotettonica dell'Italia Nord Orientale. Mem. Sc. Geol., 35, pp. 355-376.

9 Appendici

9.1 LA TECNICA DEI MICROTREMORI (REFRACTION MICROTREMORS – REMI)

Le tecnica di misura dei microtremori (denominata anche degli stendimenti sismici lineari passivi) è una derivazione delle tecniche SASW (*Spectral Analysis of Surface Waves*) e MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) che si basano sull'elaborazione delle proprietà spettrali delle onde di superficie per la costruzione di un modello verticale di velocità di propagazione delle onde di taglio.

Il principio ispiratore della tecnica SASW e MASW è il carattere dispersivo delle onde di Rayleigh quando queste si propagano in un mezzo stratificato. La dispersione consiste nella variazione della velocità di fase a diverse frequenze. All'aumento della lunghezza d'onda (abbassamento di frequenza) la profondità coinvolta dalla propagazione dell'onda è via via maggiore. È quindi possibile, impiegando onde di un certo intervallo di frequenza, caratterizzare le proprietà acustiche dei terreni sino ad una certa profondità. La velocità delle onde di taglio viene ricavata sulla base della seguente equazione:

$$V_S \approx 0.9V_{\text{RAYLEIGH}} \quad (1);$$

Il coefficiente che lega V_{RAYLEIGH} a V_S presenta una scarsa variabilità al variare del rapporto di Poisson e si considera quindi che il valore di 0.9 possa essere valido nella maggior parte dei casi.

Una volta che la curva di dispersione è stata calcolata dai dati si può impiegare una tecnica di modellazione diretta (*forward modeling*) associata a tecniche di *best fitting* per stimare il profilo verticale di velocità delle onde di taglio (V_S).

I rilievi SASW (Stokoe et al, 1994) consistono nel fare misure di velocità di fase delle onde di superficie a varie lunghezze d'onda ed usare queste misure per calcolare la curva di dispersione del sito. Alla figura seguente compare un tipico schema di un sistema di registrazione per misure SASW. Le velocità di fase sono ricavate per confronto diretto degli spettri di ampiezza e fase di ciascuna coppia di sismometri, ottenuti istantaneamente in sito tramite un oscilloscopio che esegue una trasformata veloce di Fourier.

Tipiche spaziature dei ricevitori, per l'alta risoluzione, sono pari a 2, 3 e 5 m. Queste spaziature consentono di valutare il profilo di molti terreni sino alla profondità di 50-70 m.

La tecnica di rilievo MASW (Park et al., 1998) è stata sviluppata in parte per superare le difficoltà dell'applicazione dei rilievi SASW in ambienti rumorosi. La registrazione simultanea di 12 o più canali fornisce infatti una ridondanza statistica delle misure di velocità di fase migliorando la qualità del processo analitico. Il salvataggio delle tracce nel dominio temporale, previsto dal metodo, permette inoltre di analizzare in post-elaborazione le onde di Rayleigh. Mediante una particolare analisi spettrale (*overtone analysis*) è possibile diagrammare velocità di fase e frequenza. In questo dominio è possibile distinguere il modo fondamentale delle onde di superficie dal quale stimare la curva di dispersione e successivamente, mediante un processo di inversione, derivare il profilo 1-D della V_S . La ripetizione delle misure lungo un profilo a basi multiple consente di evidenziare le variazioni laterali della V_S .

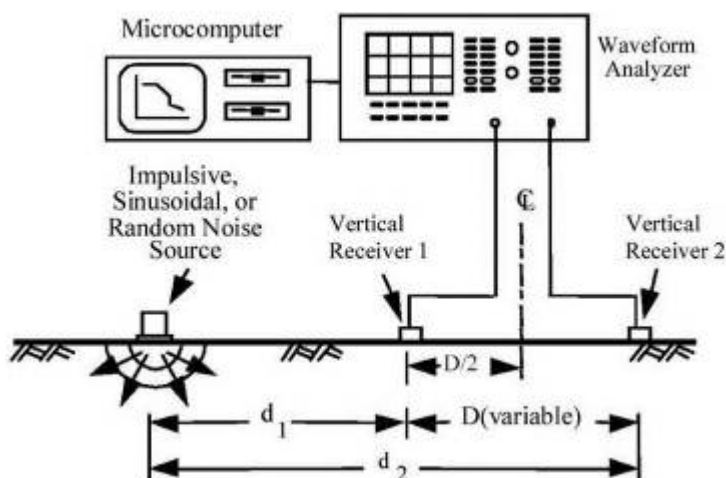


Figura 138 - Tipico schema di strumentazione per misure SASW con un sistema a due canali di registrazione (tratto da Stokoe *et al.*, 1994).

La tecnica di analisi del sottosuolo mediante l'uso dei microtremori prende origine dagli studi e dalle sperimentazioni condotte da J. Louie presso la Nevada University. Il metodo combina la semplicità operativa del SASW con l'elevata risoluzione nei terreni più superficiali propria del MASW. I microtremori vengono registrati mediante uno stendimento lineare da 12 o più geofoni a bassa frequenza senza la necessità di dover operare con un sorgente attiva. I dati vengono acquisiti mediante la classica strumentazione impiegata per i rilievi a rifrazione. Generalmente si impiegano geofoni con frequenza compresa nell'intervallo 4-14 Hz e tempi di registrazione di 15-30 s. L'impiego di campionatori di elevata dinamica (i.e. superiori a 144 dB) consente poi di dimezzare la frequenza utile campionabile rispetto a quella nominale dei geofoni. È quindi teoricamente possibile registrare onde di superficie il cui contenuto in frequenza è compreso nell'intervallo tra 2 Hz e 25-30Hz. Questo intervallo, in condizioni ottimali, può consentire di stimare, con buon dettaglio, il profilo della V_s nei primi cento metri di profondità. Il rumore registrato viene convertito dal dominio $x-t$ al dominio $p-f$ (*slowness-frequenza*). Il parametro *slowness* (p), detto anche parametro di raggio, corrisponde all'inverso della velocità secondo la (2):

$$p \left[\frac{s}{m} \right] = \frac{1}{V_{RAYLEIGH}}; \quad (2);$$

Un esempio di spettro di potenza ($p-f$) delle onde di superficie (un esempio in tal senso è visibile alla figura seguente).

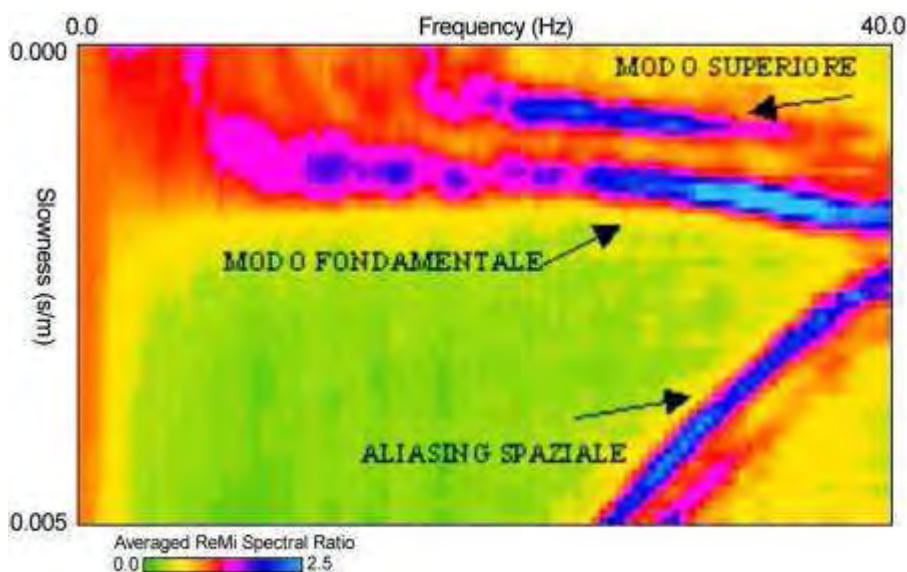


Figura 139 - Tipico spettro p - f di onde di Rayleigh nel quale si osservano un modo fondamentale ed una serie di modi superiori di vibrazione.

Nello spettro p - f sono chiaramente visibili una serie di eventi che presentano elevata energia e coerenza di ampiezza e fase. In particolare si distinguono i lobi spettrali del modo fondamentale delle onde di superficie (con carattere tipicamente dispersivo) ed anche di alcuni modi superiori (onde di superficie di ordine superiore, onde di pressione, suono e rumore incoerente). In questo dominio viene stimata la curva di dispersione del modo fondamentale. Questa fase di analisi del dato è particolarmente critica in quanto vi possono essere alcuni casi nei quali i rami dei modi superiori sono più energetici di quello del modo fondamentale.

Nel caso del dato ReMi si ipotizza che la posizione della sorgente (rumore ambientale) non sia nota e quindi la velocità spettrale è di una velocità apparente. La curva di dispersione viene quindi individuata nella zona di transizione tra la massima potenza spettrale e la zona dello spettro nella quale il segnale è nullo.

Dopo aver individuato la curva di dispersione si procede con una tecnica di modellazione diretta e cioè si calcola la curva di dispersione teorica a partire da un modello acustico iniziale del sottosuolo. Il modello di sottosuolo viene quindi modificato, in termini di spessori e velocità delle onde S, sino a che la curva calcolata si sovrappone ai dati sperimentali. Lo scarto quadratico medio (errore RMS – *Root Mean Square*) tra misure sperimentali e curva calcolata è il principale indicatore di qualità del processo di modellazione. È evidente che in questo tipo di approccio solutorio non c'è univocità del risultato in quanto alla formazione del parametro fondamentale contribuiscono due variabili: lo spessore dello strato e la velocità e lo stesso valore parametrico può essere con combinazioni delle due variabili. In genere l'ambiguità viene risolta con l'ausilio di vincoli che consentano di "bloccare" una delle due variabili (disponibilità di dati stratigrafici o di altre misure geofisiche, etc.). Nel presente studio il problema dell'equivalenza non si pone in quanto la determinazione della V_s (come richiesto dalla normativa sismica nazionale) è stata fatta su uno spessore medio di 30 m di profondità senza la necessità di risolvere velocità alla scala del singolo strato, se non durante la fase di elaborazione.

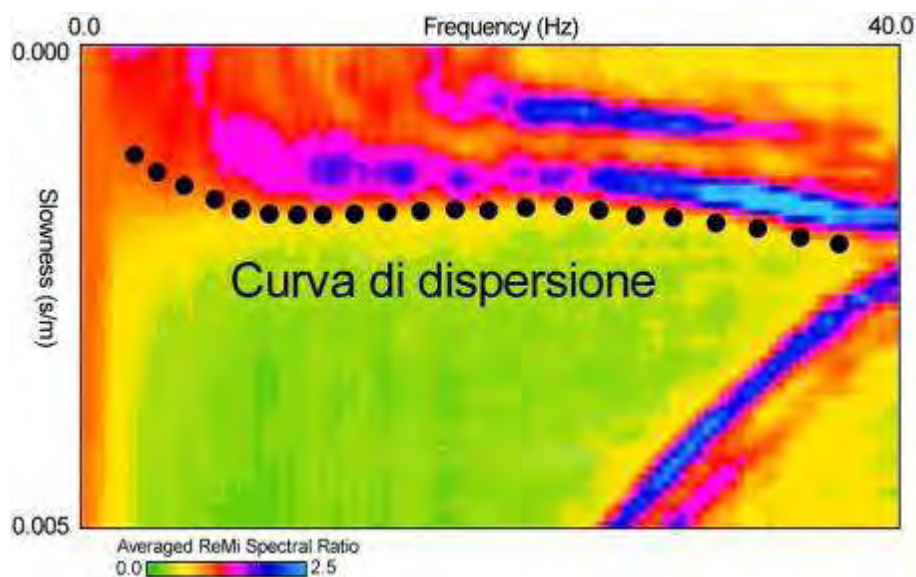


Figura 140 - Esempio di determinazione (*picking*) della curva di dispersione del modo fondamentale delle onde di Rayleigh.

Il risultato è dato quindi dalla sommatoria dei contributi dei singoli strati secondo la (3):

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{V_i}}; \quad (3);$$

dove h_i e V_i rappresentano rispettivamente lo spessore e la velocità dell' i -esimo strato.

Nella formulazione della V_{s30} una eventuale stima errata di spessore e/o velocità di uno strato viene forzosamente compensata nella stima di velocità e spessore in un altro segmento della colonna acustico-stratigrafica.

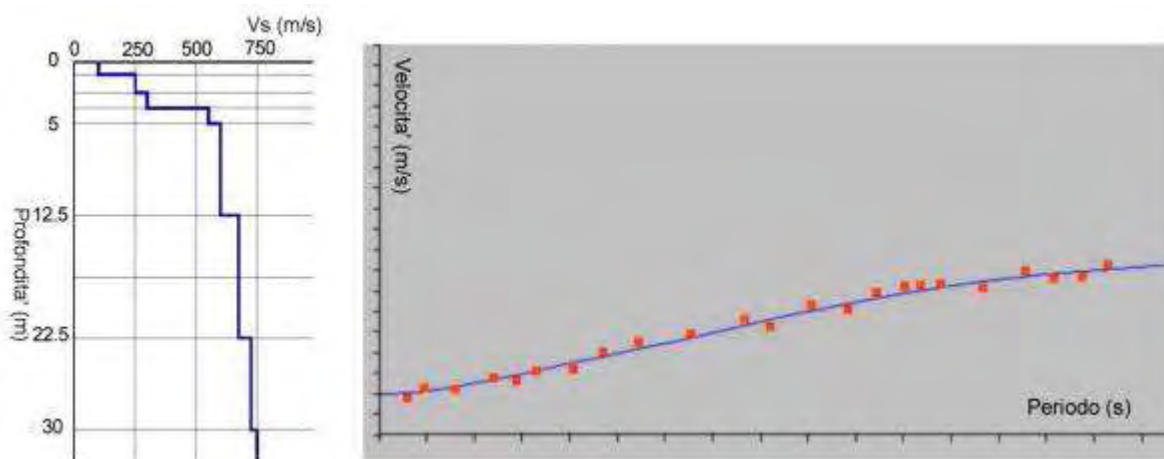


Figura 141 - Esempio di modellazione 1D della V_s . Modello geometrico-acustico del sottosuolo (a sinistra). Confronto tra dati sperimentali (circoli rossi) e curva teorica (linea continua in blu) calcolata dal modello (a destra).

9.2 LA TECNICA HVSr

Il testo seguente riprende un testo originale inedito prodotto da R. Francese (2014) che a sua volta si basa su una traduzione di un articolo di Nakamura (1989, 2000).

La tecnica HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) detta anche QTS (*Quasi-Transfer Spectra*) ha avuto recentemente molta attenzione in virtù della sua semplicità per identificare alcune importanti caratteristiche dinamiche dei suoli e delle strutture. La tecnica nasce da un'idea iniziale di Nogoshi and Igarashi (1971) ed è stata successivamente perfezionata da Nakamura (1989, 2000).

9.2.1 Le vibrazioni del suolo

La comprensione della natura fisica e della composizione del campo d'onda che produce le vibrazioni del suolo è il primo elemento per comprendere questa tecnica. Il primo aspetto riguarda la sorgente delle vibrazioni ambientali ed il secondo, che comunque dipende dal primo, riguarda invece il modo di vibrazione delle onde che raggiungono la superficie. È poi importante sapere in questo campo d'onda (a) qual è il rapporto tra le onde di corpo (P, S) e le onde di superficie (Rayleigh e Love) e tra le onde superficiali (b) qual è il rapporto tra onde di Rayleigh ed onde di Love e infine, sempre per le onde superficiali, (c) qual è il rapporto tra modo fondamentale e modi superiori. I punti (b) e (c) ad oggi sono ancora da chiarire completamente.

Le vibrazioni del terreno possono essere distinte in due tipi: onde naturali ed onde antropiche e questo molto spesso corrisponde anche ad una differenziazione in termini del contenuto in frequenza (in special modo nelle aree urbane). Le basse frequenze (i.e. inferiori ad 1 Hz) sono prevalentemente di origine naturale e dovute all'azione delle onde marine (che hanno la massima energia intorno a 0.2 Hz). Nelle zone costiere le frequenze possono essere anche più alte (intorno a 0.5 Hz) e sono dovute all'interferenza tra l'onda incidente la costa e quella di ritorno. Frequenze molto basse sono anche quelle dovute ai piccoli movimenti crostali. Nell'ambito delle sorgenti naturali vanno annoverate anche il vento e l'acqua che scorre nel reticolo idrografico tuttavia le frequenze sono generalmente superiori ad 1 Hz.

Le alte frequenze (i.e. superiori ad 1 Hz) sono generalmente legate all'attività antropica (traffico di veicoli, navi e treni, industrie, etc.) e le sorgenti sono tipicamente sulla superficie terrestre (o poco sotto come nel caso delle metropolitane). Queste sorgenti sono cicliche nell'alternanza giorno-notte e festività-lavoro. Ovviamente anche nel caso delle sorgenti non-naturali vi possono essere frequenze più basse, ma sono legate a situazioni locali (grandi motori, dighe, etc.).

Le sorgenti a bassa frequenza più energetiche sono spesso lontane (tipicamente mari ed oceani) e l'energia si propaga sotto forma di onde superficiali guidate nella crosta. La lunghezza d'onda è tale da consentire una grande penetrazione in profondità con associati fenomeni di diffrazione in corrispondenza di importanti discontinuità che localmente possono originare altre onde di superficie, ma anche onde P ed S. L'energia nella banda spettrale compresa tra 0.1 Hz ed 1.0 Hz si attenua via via che le onde penetrano nell'entroterra. In linea di principio c'è quindi più energia dovuta a onde naturali in vicinanza delle coste e meno all'interno dei continenti.

Le sorgenti ad alta frequenza sono generalmente locali ed il campo d'onda è costituito da onde di superficie, ma anche da onde di corpo (P ed S). All'aumentare della distanza le onde superficiali diventano prevalenti.

In letteratura sono disponibili pochi dati sulle proporzioni tra onde di corpo e onde superficiali e soprattutto sulle proporzioni tra onde di Rayleigh e di Love e modi fondamentali e superiori. I microsismi di bassa frequenza sono prevalentemente costituiti da onde di Rayleigh nel modo fondamentale.

Vibrazioni		
	Microsismi	Microtremori
Frequenza	0.1 Hz - 0.5 Hz sino ad 1 Hz	0.5 Hz - 1.0 Hz sino a 10 Hz
Sorgente	Mari ed oceani	Traffico, industria, etc
Campo d'onda	Onde superficiali	Onde superficiali ed onde di corpo
Ampiezza	In relazione alle tempeste	Ciclica giorno-notte festività-riposo
Rayleigh / Love	Campo d'onda incidente prevalentemente Rayleigh	Ampiezze confrontabili. Forse prevalenza delle onde di Love
Modo	Tipicamente fondamentale	Possibilità di modi superiori alle alte frequenze

Tabella 23 – Tipologia di vibrazioni

Le vibrazioni sono quindi abbastanza complesse in particolar modo alle alte frequenze dove il contributo antropico è più importante. Nell'interpretazione di dati HVSR è quindi importante considerare quali siano i contributi prevalenti delle diverse fasi (P, S, Rayleigh, Love) e dei diversi modi.

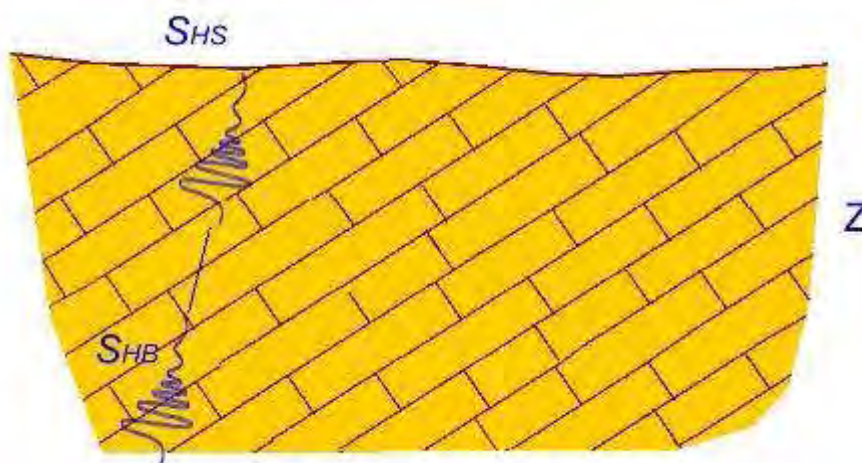


Figura 142 – Condizioni di sottosuolo rigido. S_{HS} : spettro dei microtremori alla superficie topografica; S_{HB} : spettro dei microtremori sul substrato (bedrock sismico).

Nakamura osserva che il rapporto tra la vibrazione orizzontale e verticale del terreno durante un terremoto è pari a circa 1 se il suolo è rigido. Secondo questo punto di vista nei suoli compatti non c'è un prevalere in termini di energia di una componente rispetto all'altra, le vibrazioni in senso orizzontale hanno la stessa energia di quelle verticali.

Le vibrazioni, in presenza di suoli poco compatti (tipicamente lenti) vengono invece amplificate. In prima approssimazione si può assumere che la vibrazione orizzontale si amplifichi attraverso la riflessione multipla delle onde di taglio, mentre la vibrazione verticale si amplifichi attraverso le riflessioni multiple delle onde di pressione.

Con le tipiche velocità di propagazione delle onde P (intorno ai 1000 m/s) le vibrazioni di frequenza uguale ed inferiore ai 10 Hz non vengono amplificate in modo significativo attraverso riflessioni multiple dovute a strati superficiali di bassa velocità. Le onde di Rayleigh subiscono invece amplificazioni verticali significative. L'effetto verticale dell'onda di Rayleigh può essere stimato

come rapporto tra vibrazione verticale alla superficie e vibrazione verticale al substrato. L'effetto dell'onda di Rayleigh sulla componente verticale si avvicina a 0 quando questo rapporto vale 1.

Nelle ipotesi di Nakamura (1989) Il modello geologico di partenza quindi è quello di un substrato veloce ubicato ad una profondità Z sul quale insiste uno strato superficiale di sedimenti caratterizzati da proprietà elastico-acustiche scadenti (i.e. bassa velocità).

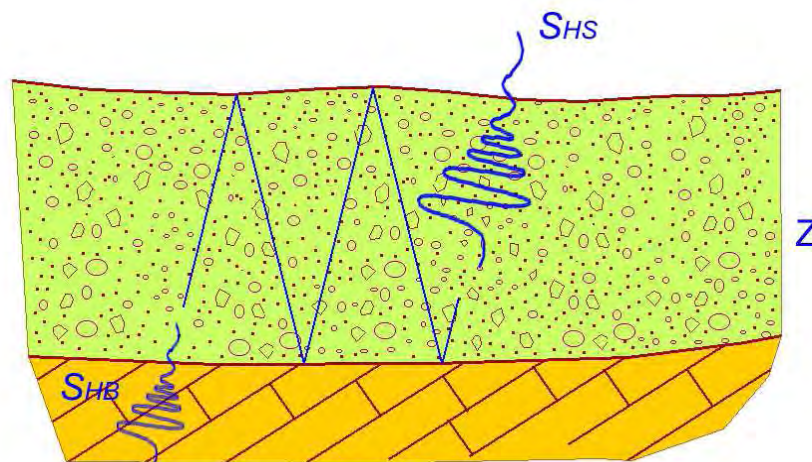


Figura 143 - Modello geologico di partenza nell'ipotesi di Nakamura (1989). S_{HS} : spettro dei microtremori alla superficie topografica; S_{HB} : spettro dei microtremori sul substrato (bedrock sismico).

La conoscenza dell'effetto dell'onda di Rayleigh consente di rimuoverla dalla vibrazione e stimare la sola funzione di trasferimento delle onde di taglio.

La funzione di trasferimento (T_F), utilizzando le vibrazioni (microtremori), dell'ampiezza del moto delle onde di taglio che passano da un substrato rigido alla superficie attraversando un mezzo "soffice" si stima secondo la (1).

$$T_F = \frac{S_{HS}}{S_{HB}}; \quad (1)$$

S_{HS} rappresenta lo spettro dei microtremori alla superficie topografica e S_{HB} rappresenta lo spettro dei microtremori sul substrato (bedrock sismico). Come abbiamo visto il microtremore può essere un insieme di onde di corpo (P ed S) e di onde superficiali (Rayleigh e Love) e queste ultime possono essere largamente prevalenti. È quindi necessario sottrarre la componente delle onde superficiali dal termine S_{HS} per ottenere correttamente la funzione di trasferimento.

Nakamura assume che le onde di Rayleigh siano presenti nello spettro verticale alla superficie (S_{VS}) e non nello spettro verticale del base ground (S_{VB}), assumendo ancora che il tremore verticale non è amplificato dagli strati superficiali (più prossimi alla superficie) la quantità E_S rappresenta l'effetto dell'onda di Rayleigh sul tremore verticale.

$$E_S = \frac{S_{VS}}{S_{VB}}; \quad (2)$$

Se non ci sono onde di Rayleigh $E_S=1$ mentre E_S avrà valore più grande di 1 all'aumento dell'effetto delle onde di Rayleigh. Assumendo che l'effetto delle onde di Rayleigh è lo stesso sia

per la componente orizzontale che per quella verticale T_F/E_S è sicuramente una più affidabile stima della funzione di trasferimento.

La nuova funzione di trasferimento è data dalla (3):

$$T_{FF} = \frac{T_F}{E_S} = \frac{R_S}{R_B}; \quad (3)$$

- dove $R_S = S_{HS}/S_{VS}$ e $R_B = S_{HB}/S_{VB}$. R_S ed R_B si possono ottenere dividendo lo spettro orizzontale delle vibrazioni per lo spettro verticale delle stesse vibrazioni che corrispondono rispettivamente alle vibrazioni di un terremoto rispettivamente alla superficie ed al bedrock. R_B assume il valore di 1 per un intervallo relativamente ampio di frequenze. Nominalmente sul substrato rigido la propagazione è quasi in tutte le direzioni. Quindi:

$$R_B \approx 1 \rightarrow T_{FF} = R_S = \frac{S_{HS}}{S_{VS}}; \quad (4)$$

questo significa che la funzione di trasferimento può essere stimata esclusivamente dalle vibrazioni misurate alla superficie. In pratica le vibrazioni verticali alla superficie incorporano le vibrazioni orizzontali sul substrato sostituendo quindi le seconde. La presenza dell'onda di Rayleigh tende a rendere nulla questa sostituzione, ma siccome R_S assume all'incirca il valore di 1 nell'intervallo di frequenza dove l'onda di Rayleigh prevale diventa trascurabile nella stima della funzione trasferimento.

Secondo alcuni altri autori (Bard, 1998) il picco del rapporto H/V dipende dalla presenza di onde di Rayleigh, ma Nakamura (2000) afferma che questo dipende solo dalla similarità dell'andamento del rapporto H/V dei microtremori e dell'H/V del modo fondamentale dell'onda di Rayleigh.

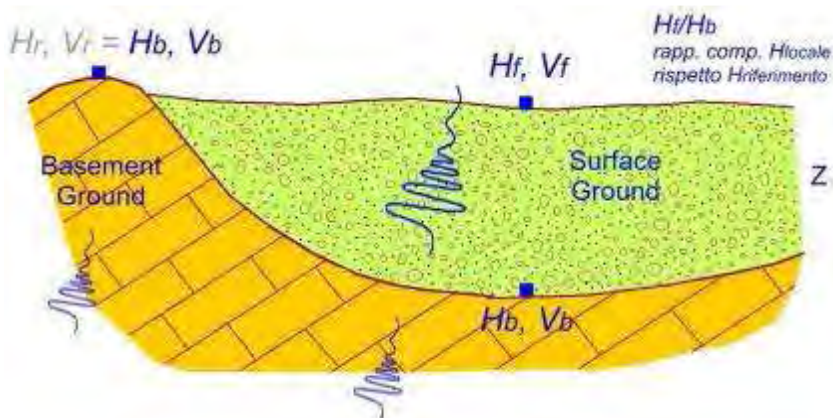


Figura 144 – Rappresentazione schematica di un profilo trasversale ad una valle alpina

Proviamo a spiegare meglio l'assunto di base immaginando di trovarci nelle condizioni della figura che può rappresentare una valle alpina. La vibrazione (microtremore) viene suddivisa in due parte in funzione del fatto che contenga l'onda superficiale (Rayleigh) ed altre onde. Gli spettri orizzontali e verticali sul fondovalle (H_f, V_f) possono essere scritti come segue:

$$\begin{aligned} H_f &= A_h \cdot H_b + H_{rayleigh}; \\ V_f &= A_v \cdot V_b + V_{rayleigh}; \end{aligned} \quad (5)$$

A_h ed A_v sono i fattori di amplificazione orizzontale e verticale di un'onda di corpo (P, S) incidente la superficie. H_b e V_b sono gli spettri orizzontali e verticali della vibrazione delle onde di corpo (P ed S) entro il substrato rigido. $H_{rayleigh}$ e $V_{rayleigh}$ sono invece gli spettri nella direzione orizzontale e verticale dell'onda di Rayleigh.

$$\begin{aligned} T_h &= \frac{H_f}{H_b}; \\ T_v &= \frac{V_f}{V_b}; \end{aligned} \quad (6)$$

T_h e T_v sono le amplificazioni (funzioni di trasferimento) della vibrazione orizzontale (onda S) e di quelle verticali (onda P) alla superficie della valle rispetto al fianco dove il substrato è affiorante. In generale la velocità dell'onda P è molto più elevata (anche di 3 volte) rispetto a quella dell'onda S, in questa situazione stratigrafica la componente verticale, nell'intervallo di frequenza dove la componente orizzontale viene fortemente amplificata, non viene amplificata ($A_v=1$). Se non c'è effetto dell'onda di Rayleigh $V_f=V_b$, se invece $V_f > V_b$ questo viene considerato come dovuto alle onde superficiali. Stimando quindi dell'effetto dell'onda di Rayleigh: $V_f/V_b = T_v$ l'amplificazione orizzontale (T_h^*) può essere scritta come:

$$T_h^* = \frac{T_h}{T_v} = \frac{\frac{H_f}{V_f}}{\frac{H_b}{V_b}} = \frac{QTS}{\frac{H_b}{V_b}} = \frac{\left[A_h + \frac{H_{rayleigh}}{H_b} \right]}{\left[A_v + \frac{V_{rayleigh}}{V_b} \right]}; \quad (7)$$

dove la QTS (Quasi Transfer Function):

$$QTS = \frac{H_f}{V_f} = \frac{A_h \cdot H_b + H_{rayleigh}}{A_v \cdot V_b + V_{rayleigh}} = \frac{H_b}{V_b} \cdot \frac{\left[A_h + \frac{H_{rayleigh}}{H_b} \right]}{\left[A_v + \frac{V_{rayleigh}}{V_b} \right]}; \quad (8)$$

Nell'equazione (8), $H_b/V_b \cong 1$. $H_{rayleigh}/H_b$ e $V_{rayleigh}/V_b$ sono invece associate al percorso dell'energia delle onde di Rayleigh. Quando la quantità delle onde di Rayleigh è elevata il secondo termine diventa dominante e $QTS = H_{rayleigh}/V_{rayleigh}$ e la frequenza più bassa di picco di $H_{rayleigh}/V_{rayleigh}$ è quasi uguale alla frequenza F_0 più bassa di A_h . Intorno alla frequenza fondamentale F_0 l'amplificazione verticale $A_v=1$. La QTS evidenzia chiaramente un picco stabile alla frequenza fondamentale F_0 . Anche quando l'influenza dell'onda di superficie è significativa il termine $V_{rayleigh}$ diventa piccola (determinando la presenza di un picco nel diagramma $H_{rayleigh}/V_{rayleigh}$) nell'intervallo

di frequenza intorno al picco determinato dalla riflessione multipla delle onde Sh (vibrazione orizzontale). $QTS = A_h$ se le vibrazioni del substrato V_b sono molto più energetiche rispetto alle onde di Rayleigh.

Ecco che QTS rappresenta in prima approssimazione la frequenza fondamentale (di risonanza) determinata dalla riflessione multipla delle onde SH nello strato lento superficiale a prescindere dal grado di influenza delle onde di Rayleigh.

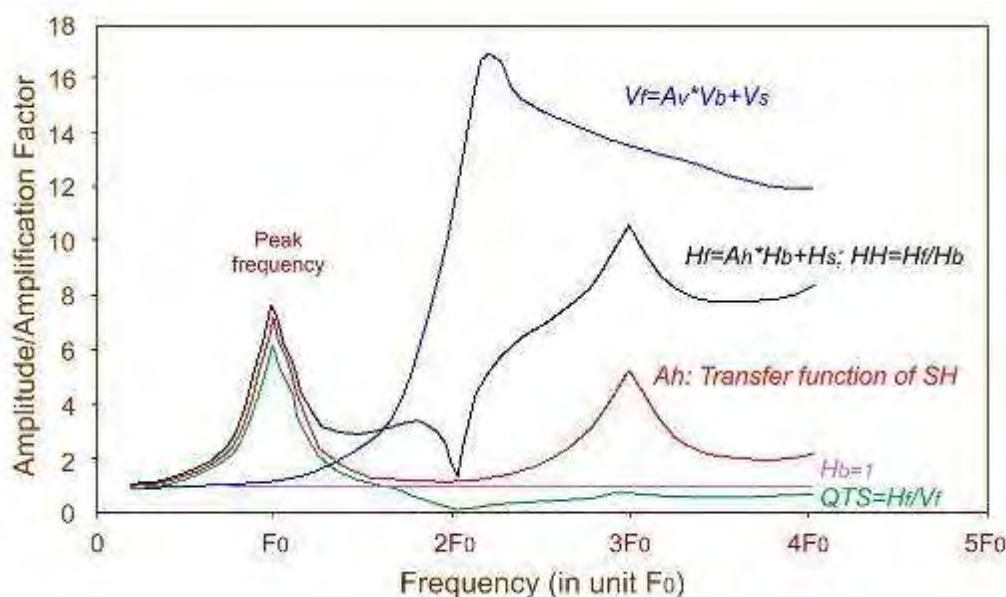


Figura 145 – Diagramma frequenza/amplificazione

Confrontando schematicamente le diverse componenti:

$V_f \rightarrow$ Componente _verticale_ _fondovalle_;

$H_f \rightarrow$ Componente _orizzontale_ _fondovalle_;

$H_b \rightarrow$ Componente _orizzontale_ _substrato_;

$A_h \rightarrow$ FunzioneTrasferimento _modoSH_ (teorica);

$QTS \rightarrow$ QuasiTransferFunction : $\left(\frac{H_f}{V_f} \right)$;

si possono fare alcune considerazioni. Dal momento che H_f contiene il contributo delle onde di Rayleigh H_f/H_b (che è uguale a H_f in quanto $H_b = 1$ essendo il valore di riferimento) è più grande rispetto alla funzione di trasferimento teorica (A_h) delle onde SH. Nel caso in cui vi sia grande influenza delle onde di Rayleigh QTS diventa minore di 1 (cresce il moto verticale V_f) in un ampio intervallo di frequenze più elevate comunque di quella fondamentale (o di risonanza) F_0 .

Le principali onde che costituiscono le vibrazioni (i microtrempi) sono onde di corpo (P ed S) oppure onde di Rayleigh o ancora, in funzione dell'ubicazione e delle condizioni al contorno, può essere una combinazione dei due tipi di onde. Se calcoliamo la QTS essa ci indica correttamente la

frequenza fondamentale di risonanza (per effetto della riflessione multipla delle onde SH) ed il fattore di amplificazione.

9.3 GLOSSARIO

Tratto da "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 Cd-rom" con modifiche

BEDROCK SISMICO : Sequenza litostratigrafica caratterizzata da una velocità delle onde di taglio Vs maggiore od uguale a 800 m/s.

EFFETTI LOCALI (O DI SITO) – Effetti dovuti al comportamento del terreno in caso di evento sismico per la presenza di particolari condizioni lito-stratigrafiche e morfologiche che determinano amplificazioni locali e fenomeni di instabilità del terreno (instabilità di versante, liquefazioni, faglie attive e capaci, cedimenti differenziali, ecc...).

ELEMENTI (O BENI) ESPOSTI – Ciò che può essere negativamente affetto da un evento sismico e sul quale viene svolta l'analisi di rischio sismico. È identificabile attraverso categorie omogenee e sistemi che possono subire perdite a seguito di evento sismico. Esempi di categorie e sistemi esposti sono: ambiente, popolazione, attività economiche, servizi pubblici, beni culturali, ecc....

FENOMENI DI INSTABILITA' DEL TERRENO – Modificazioni permanenti del terreno quali fenomeni franosi, fenomeni di liquefazione o densificazione (addensamento), fagliazione superficiale, ecc. dovuti ad un evento sismico.

MICROZONAZIONE SISMICA (MS) – Valutazione della pericolosità sismica locale attraverso l'individuazione di zone del territorio caratterizzate da comportamento sismico omogeneo. In sostanza la MS individua e caratterizza le zone stabili, le zone stabili suscettibili di amplificazione locale del moto sismico e le zone suscettibili di instabilità in caso di terremoto.

PERICOLOSITA' SISMICA – Stima quantitativa dello scuotimento del terreno dovuto a un evento sismico, in una determinata area. La pericolosità sismica può essere analizzata con metodi probabilistici, nei quali le incertezze dovute alla grandezza, alla localizzazione e al tempo di occorrenza del terremoto sono esplicitamente considerati. Tale stima include le analisi di pericolosità sismica di base e di pericolosità sismica locale.

PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE - Componente della pericolosità sismica dovuta alle caratteristiche sismologiche dell'area (tipo, dimensioni e profondità delle sorgenti sismiche, energia e frequenza dei terremoti). La pericolosità sismica di base calcola (generalmente in maniera probabilistica), per una certa regione e in determinato periodo di tempo, i valori di parametri corrispondenti a prefissate probabilità di eccedenza. Tali parametri (velocità, accelerazione, intensità, ordinate spettrali) descrivono lo scuotimento prodotto dal terremoto in condizioni di suolo rigido e senza irregolarità morfologiche (terremoto di riferimento). La scala di studio è solitamente regionale. Una delle finalità di questi studi è la classificazione sismica a vasta scala del territorio, finalizzata alla programmazione delle attività di prevenzione e alla pianificazione dell'emergenza. Costituisce una base per la definizione del terremoto di riferimento per studi di microzonazione sismica.

PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE - Componente della pericolosità sismica dovuta alle caratteristiche locali (litostratigrafiche e morfologiche, v. anche effetti locali). Lo studio della pericolosità sismica locale è condotto a scala di dettaglio partendo dai risultati degli studi di pericolosità sismica di base (terremoto di riferimento) e analizzando i caratteri geologici, geomorfologici, geotecnici e geofisici del sito; permette di definire le amplificazioni locali e la possibilità di

accadimento di fenomeni di instabilità del terreno. Il prodotto più importante di questo genere di studi è la carta di micro zonazione sismica.

PGA DI BASE (Peak Ground Acceleration) – Accelerazione orizzontale massima nel sito di riferimento rigido con morfologia orizzontale.

PGA DI SITO – decelerazione orizzontale massima nel sito indagato.

RIDUZIONE DEL RISCHIO (O MITIGAZIONE DEL RISCHIO) - Azioni intraprese al fine di ridurre le probabilità, le conseguenze negative, o entrambe, associate al rischio (ISO, Guide 73:2002).

RISCHIO SISMICO - Probabilità che si verifichi o che venga superato un certo livello di danno o di perdita in termini economico-sociali in un prefissato intervallo di tempo ed in una data area, a causa di un evento sismico.

RISPOSTA SISMICA LOCALE (AMPLIFICAZIONE LOCALE) – Modificazione in ampiezza, frequenza e durata dello scuotimento sismico dovuta alle specifiche condizioni litostratigrafiche e morfologiche di un sito. Si può quantificare mediante il rapporto tra il moto sismico alla superficie del sito e quello che si osserverebbe per lo stesso evento sismico su un ipotetico affioramento di roccia rigida con morfologia orizzontale. Se questo rapporto è maggiore di 1, si parla di amplificazione locale.

VULNERABILITA' SISMICA – Propensione al danno o alla perdita di un sistema a seguito di un dato evento sismico. La vulnerabilità viene detta primaria se relativa al danno fisico subito dal sistema a seguito del danno fisico. Per ogni sistema, la vulnerabilità può essere espressa in maniera diretta attraverso la definizione della distribuzione del livello di danno o di perdita a seguito di un dato scuotimento o in maniera indiretta attraverso indici di vulnerabilità ai quali correlare danno e scuotimento. La distribuzione del danno apparente agli elementi strutturali o non strutturali di un edificio al variare dello scuotimento sismico fornisce una misura della vulnerabilità primaria. La distribuzione del costo di riparazione di un edificio in relazione al danno apparente o meccanico è una misura di vulnerabilità secondaria.

9.4 SIGLE

CPSL Carta della pericolosità sismica locale ;

CPT (Cone Penetration Test) Prova penetrometrica statica ;

CH Carotaggio sismico in foro secondo la metodologia Cross-Hole ;

DH Carotaggio sismico in foro secondo la metodologia Dow-Hole ;

Fa Fattore di amplificazione a basso periodo (determinato intorno al periodo proprio per il quale si ha il massimo della risposta in accelerazione) ;

Fv Fattore di amplificazione a periodo proprio (per il quale si ha la massima risposta in pseudo velocità) ;

MS Microzonazione Sismica ;

MOPS Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica ;

PAT Piano di assetto del Territorio (L.R. 11/2004) ;

PATI Piano di assetto del territorio intercomunale (L.R. 11/2004) ;

PI Piano degli interventi (L.R. 11/2004) ;

PSL Pericolosità Sismica Locale ;

PUA Piano Urbanistico Attuativo;

RS Rischio sismico;

RSL Risposta Sismica Locale ;

SDMT Prova dilatometrica con modulo sismico

SPT (Standard Penetration Test) Prova penetrometrica dinamica.



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



REGIONE VENETO



CONFERENZA DELLE REGIONI E
DELLE PROVINCE AUTONOME



Comune di Cappella Maggiore (TV)

<i>Regione</i> Veneto	<i>Provincia</i> Treviso	<i>Comune</i> Cappella Maggiore
--------------------------	-----------------------------	------------------------------------

Titolo

Studio di Microzonazione Sismica di Secondo Livello

Allegato 1 – Indagini Remi

Committente Comune di Cappella Maggiore			
Dr. Geol. Paolo Sivieri – O.R.G.V. n. 169 Dr. Geol. Giovanni Rigatto – O.R.G.V. n. 839 Dr. Geol. Monica Petta – O.R.G.V. n. 843 			
Data 12 novembre 2015	Codice Commessa 15117	Rev. n. 00	Documento 15117_20151112_R00_00

ADASTRA ENGINEERING srl - sede legale: v. Xola, 41b 30020 Torre di Mosto (Ve) - sede operativa: v. Confin, 87b 30020 Torre di Mosto (Ve)
t. 0421-325683 fax 0421-326532 www.adastra.it info@adastra.it - c.f., p. iva, reg. impr. VE 04251560274 - n° rea cciaa VE 378954 – cap. soc. 10.000 €

AZIENDA CERTIFICATA CON SISTEMA DI QUALITÀ UNI EN ISO 9001/2008

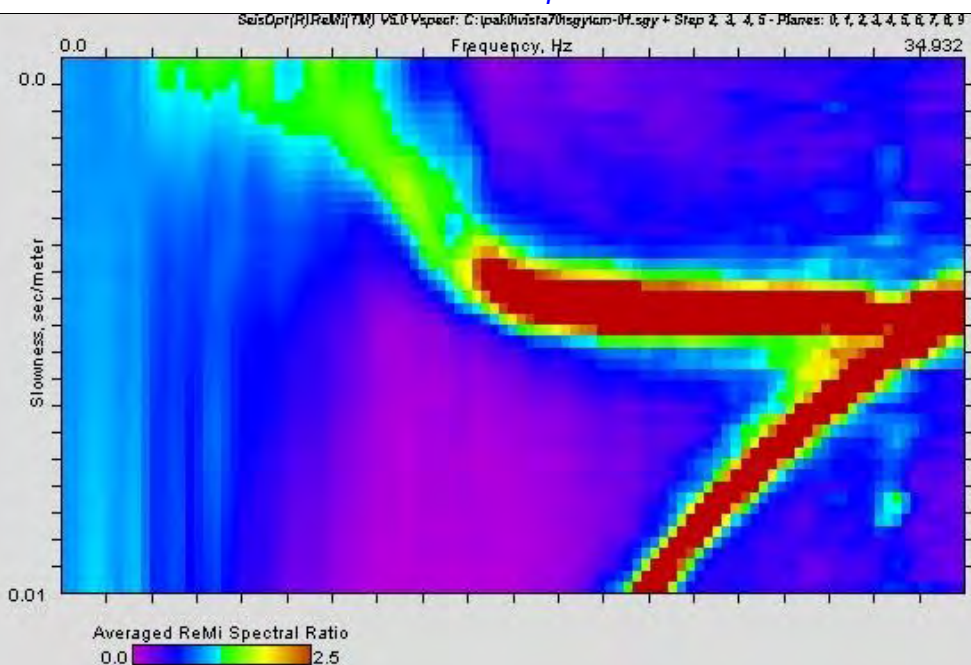
MISURA DI VELOCITA' DELLE ONDE S CON TECNICA ReMi

CM_01

Codice SoftMS

026007L32REMI32

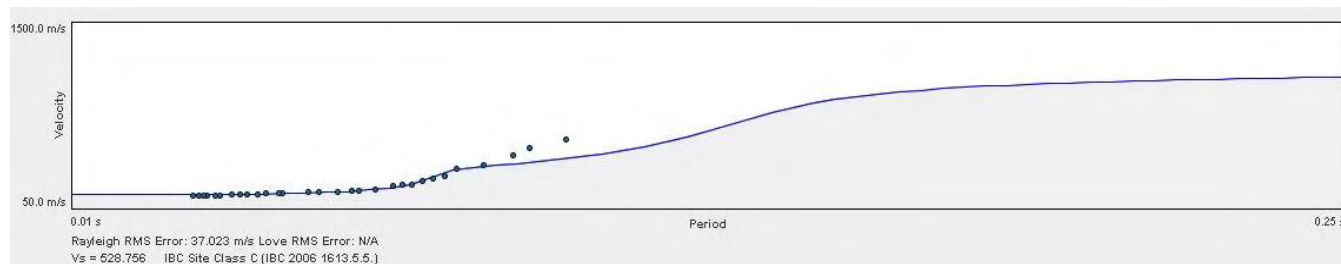
SPETTRO $p-f$

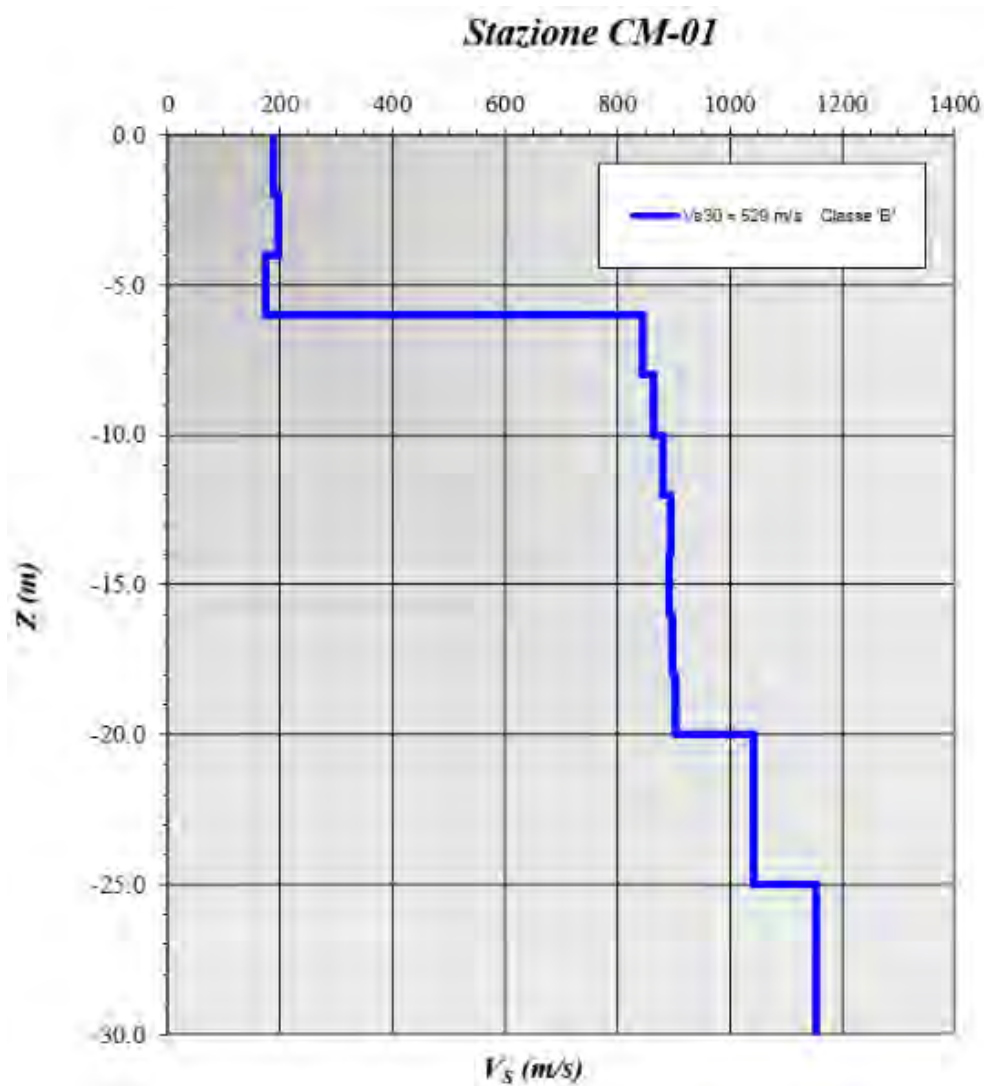


DATI STAZIONE

COMUNE	CAPPELLA MAGGIORE
CODICE STAZIONE	CM_01
WGS 84 UTM 33 NORD	5095700,768
WGS 84 UTM 33 EST	292910,547
QUOTA PIANO CAMPAGNA	122 m s.l.m.
VS ₃₀ E CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	529 - classe "E"
ANNO E MESE DI MISURA	2015/08

CURVA DI DISPERSIONE



LOG VERTICALE DI V_{S30} 

FOTO



ESTRATTO C.T.R.



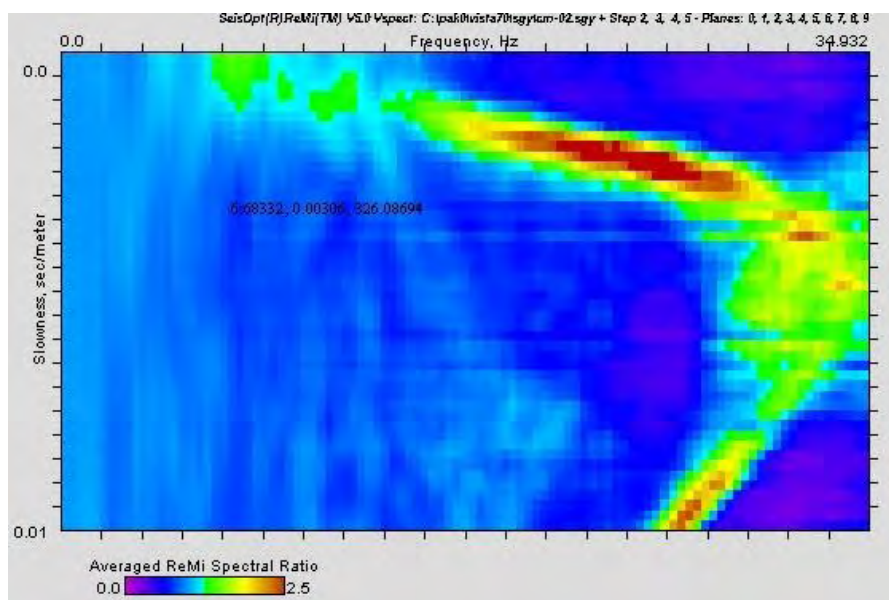
MISURA DI VELOCITA' DELLE ONDE S CON TECNICA ReMi

CM_02

Codice SoftMS

026007L33REMI33

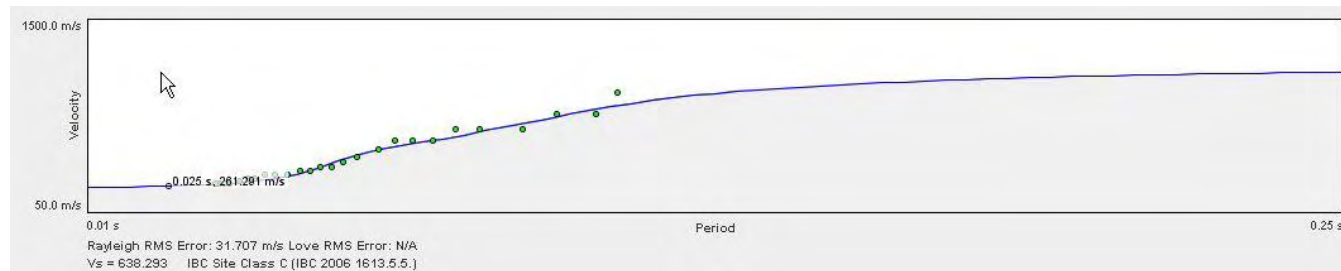
SPETTRO *p-f*



DATI STAZIONE

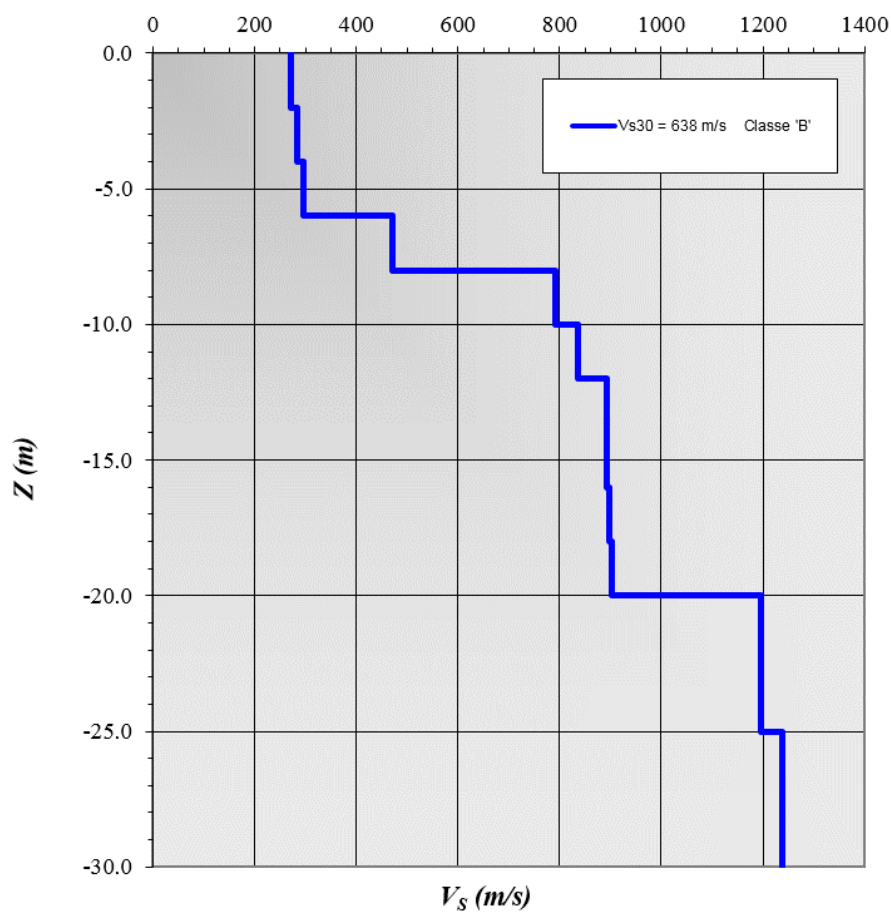
COMUNE	CAPPELLA MAGGIORE
CODICE STAZIONE	CM_02
WGS 84 UTM 33 NORD	5095008,207
WGS 84 UTM 33 EST	293457,858
QUOTA PIANO CAMPAGNA	110 m s.l.m.
VS ₃₀ E CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	638 - classe "E"
ANNO E MESE DI MISURA	2015/08

CURVA DI DISPERSIONE



LOG VERTICALE DI VS₃₀

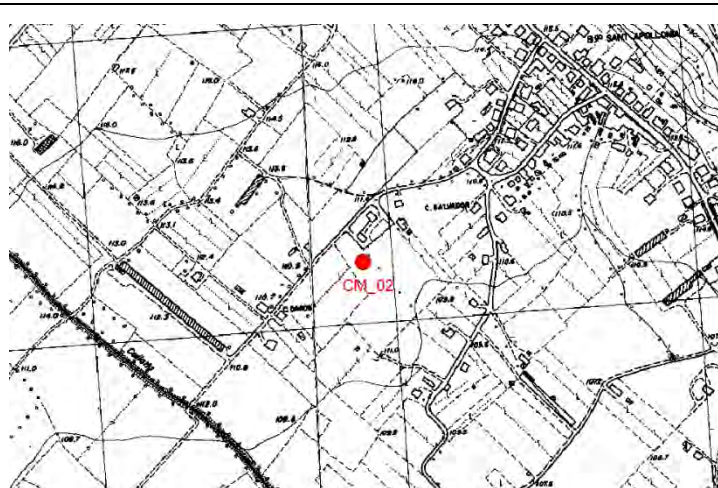
Stazione CM-02



FOTO



ESTRATTO C.T.R.



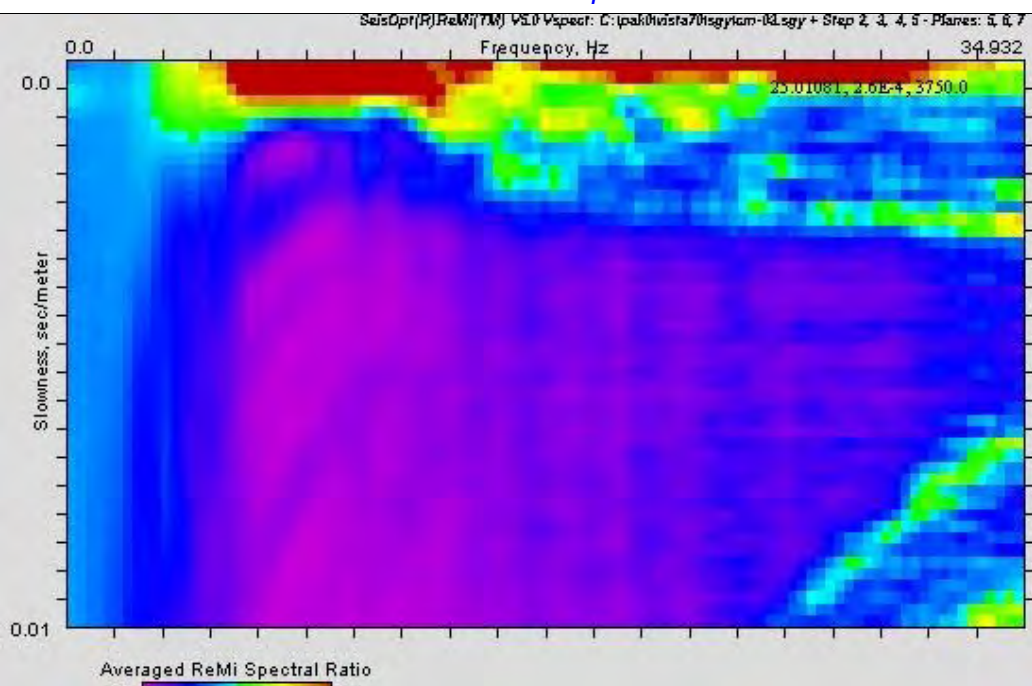
MISURA DI VELOCITA' DELLE ONDE S CON TECNICA REMI

CM_03

Codice SoftMS

026007L34REMI34

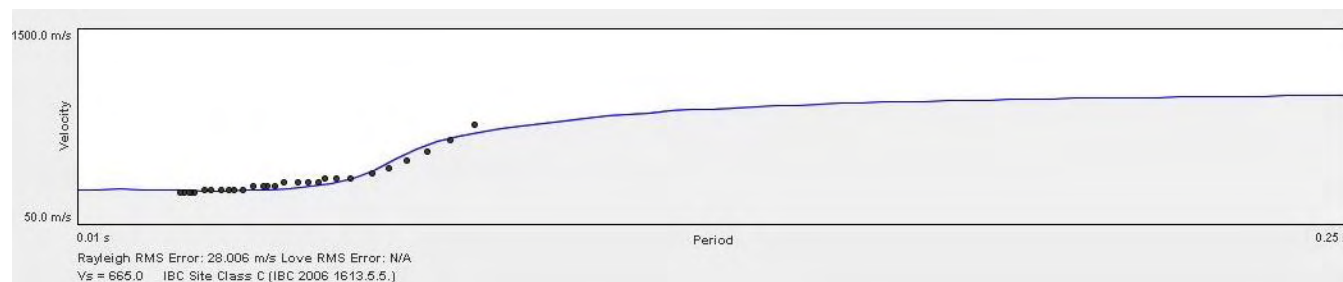
SPETTRO $p-f$



DATI STAZIONE

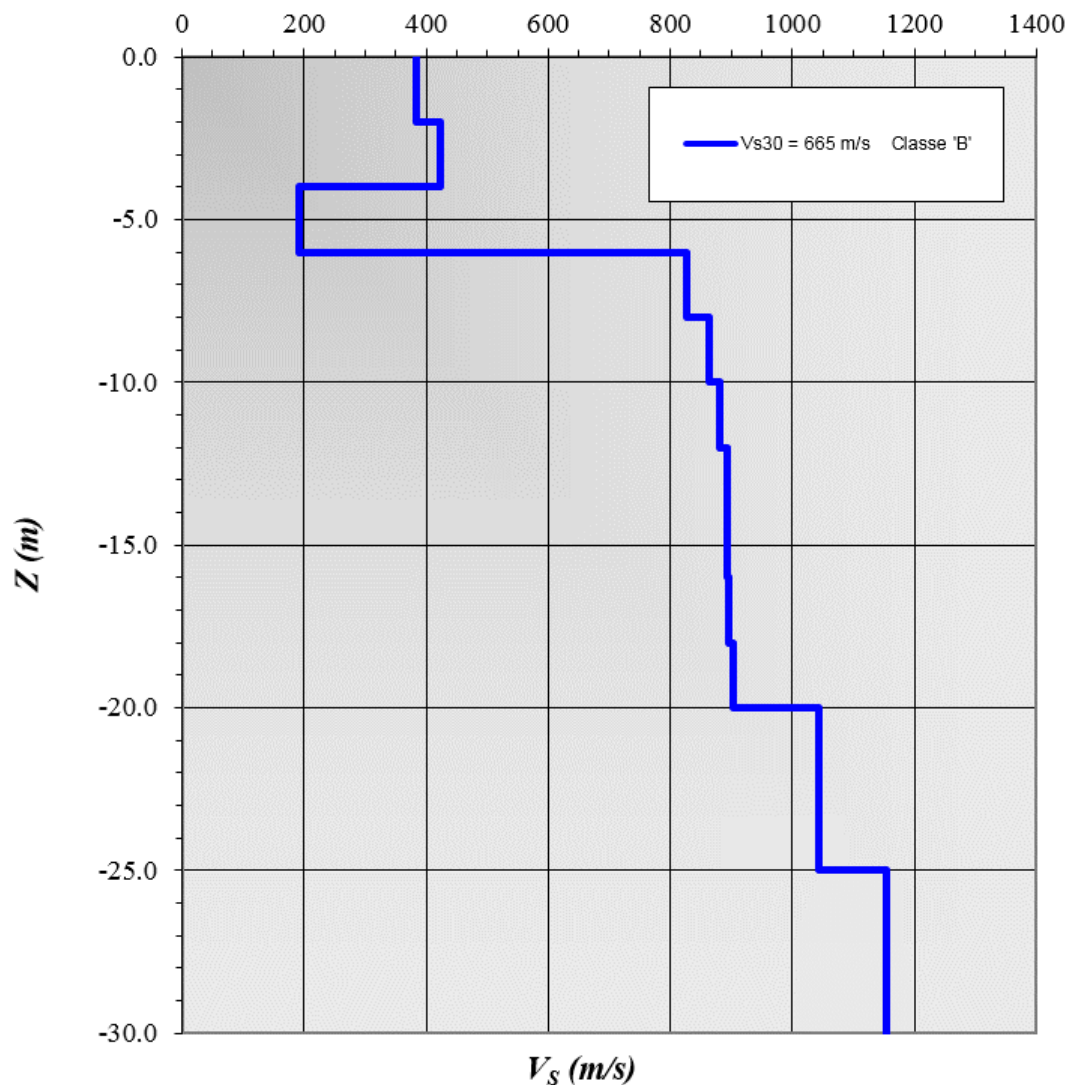
COMUNE	CAPPELLA MAGGIORE
CODICE STAZIONE	CM_03
WGS 84 UTM 33 NORD	5094004,748
WGS 84 UTM 33 EST	294967,057
QUOTA PIANO CAMPAGNA	98 m s.l.m.
VS ₃₀ E CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	665 - classe "E"
ANNO E MESE DI MISURA	2015/08

CURVA DI DISPERSIONE



LOG VERTICALE DI VS₃₀

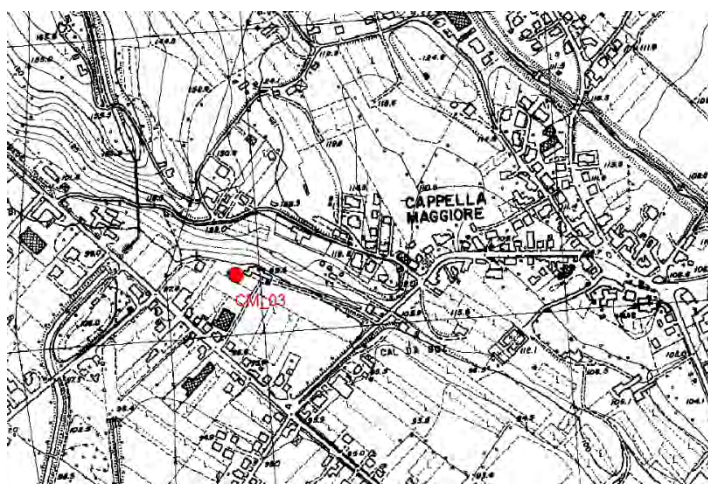
Stazione CM-03



FOTO



ESTRATTO C.T.R.



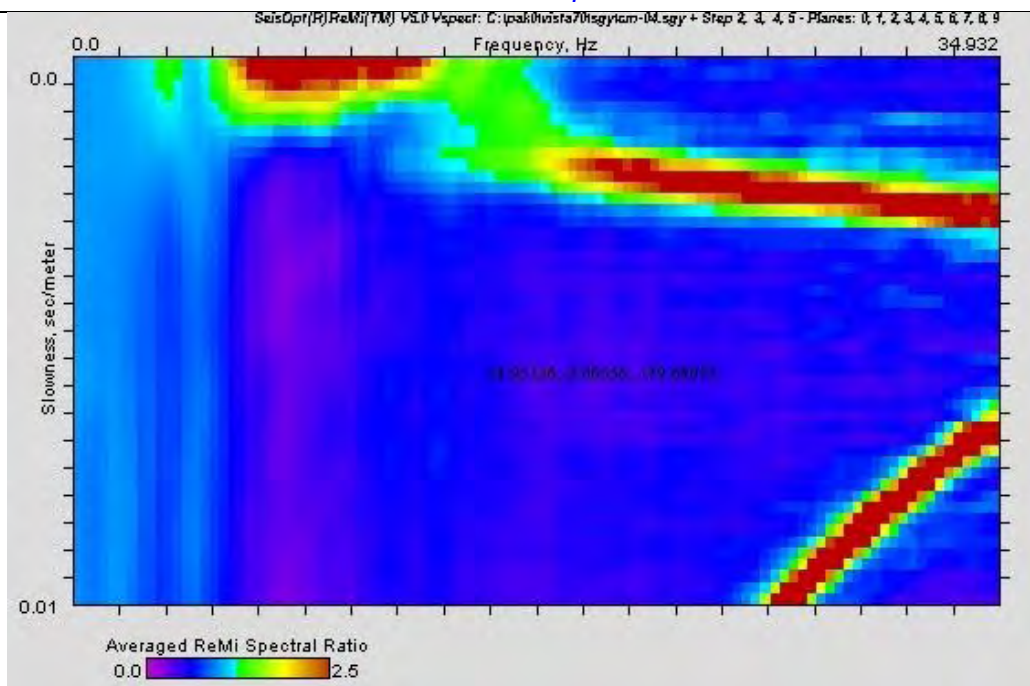
MISURA DI VELOCITA' DELLE ONDE S CON TECNICA ReMi

CM_04

Codice SoftMS

026007L35REMI35

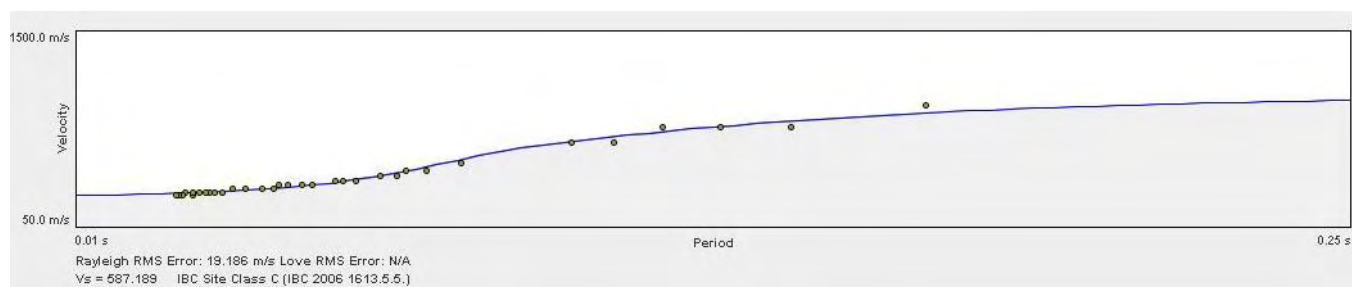
SPETTRO $p-f$

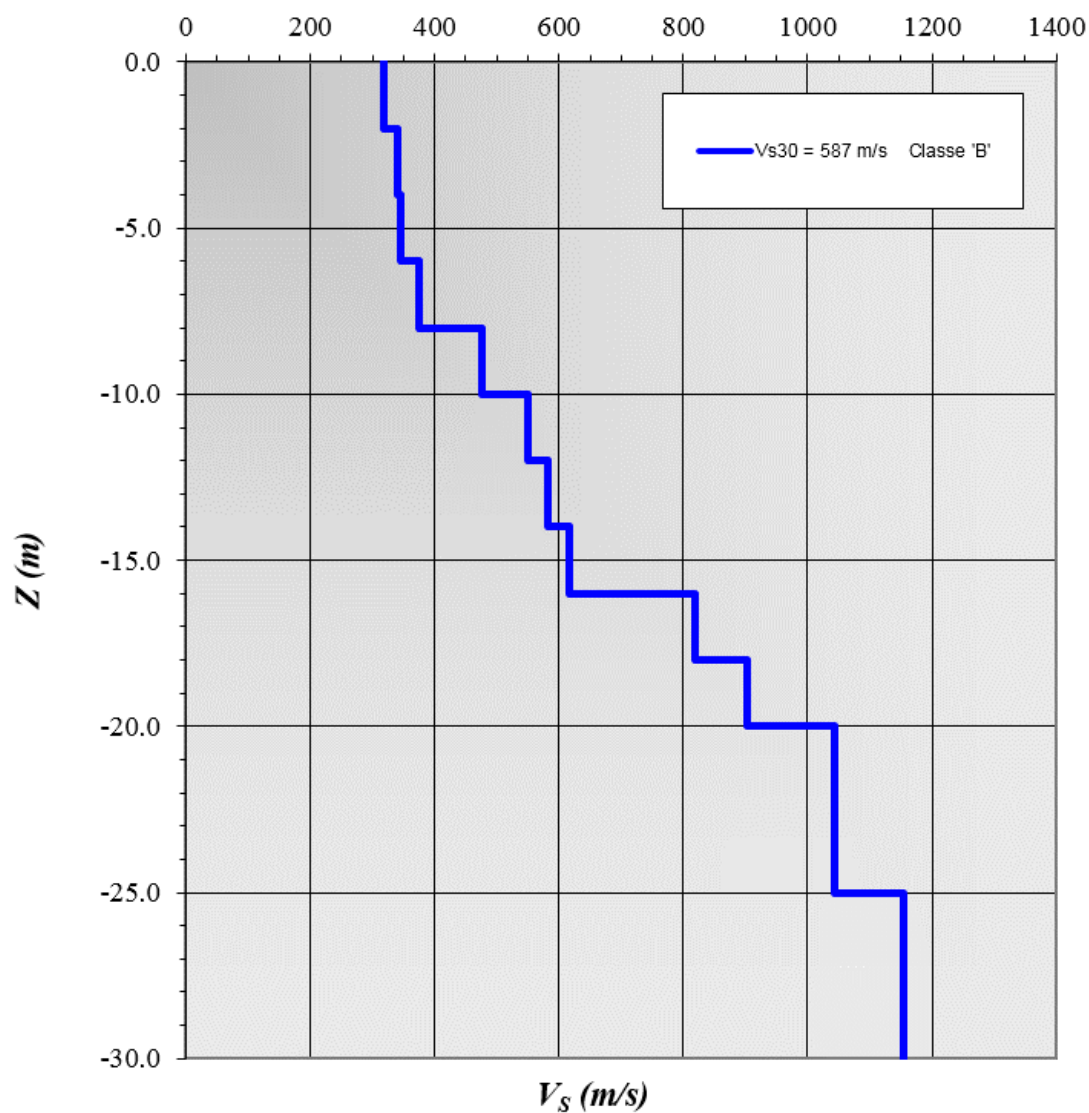


DATI STAZIONE

COMUNE	CAPPELLA MAGGIORE
CODICE STAZIONE	CM_04
WGS 84 UTM 33 NORD	5093706,049
WGS 84 UTM 33 EST	294519,509
QUOTA PIANO CAMPAGNA	88 m s.l.m.
VS ₃₀ E CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	587 - classe "B"
ANNO E MESE DI MISURA	2015/08

CURVA DI DISPERSIONE

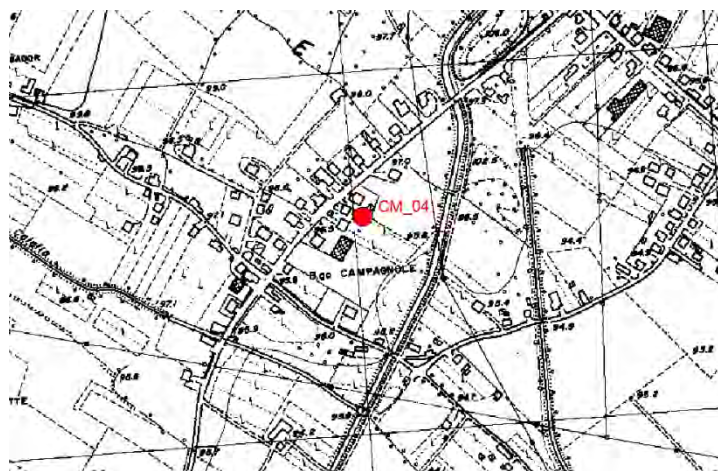


LOG VERTICALE DI V_{S30} *Stazione CM-04*

FOTO



ESTRATTO C.T.R.



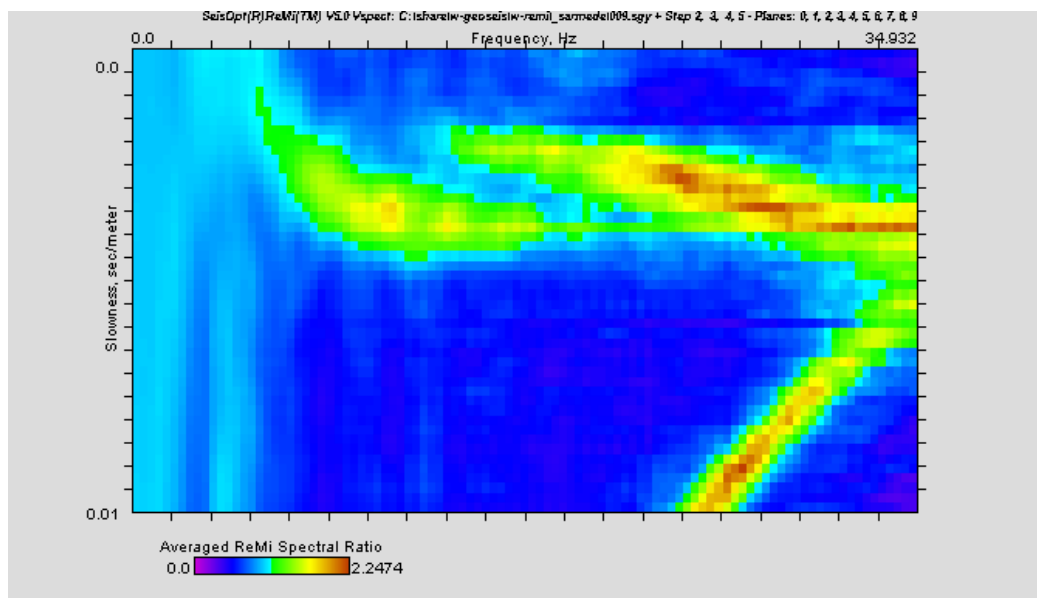
MISURA DI VELOCITA' DELLE ONDE S CON TECNICA ReMi

CM_05

Codice SoftMS

026007L5REMI5

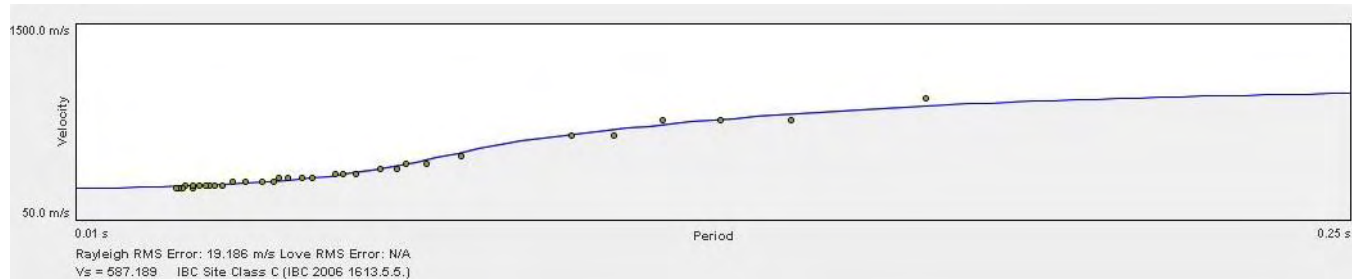
SPETTRO $p-f$

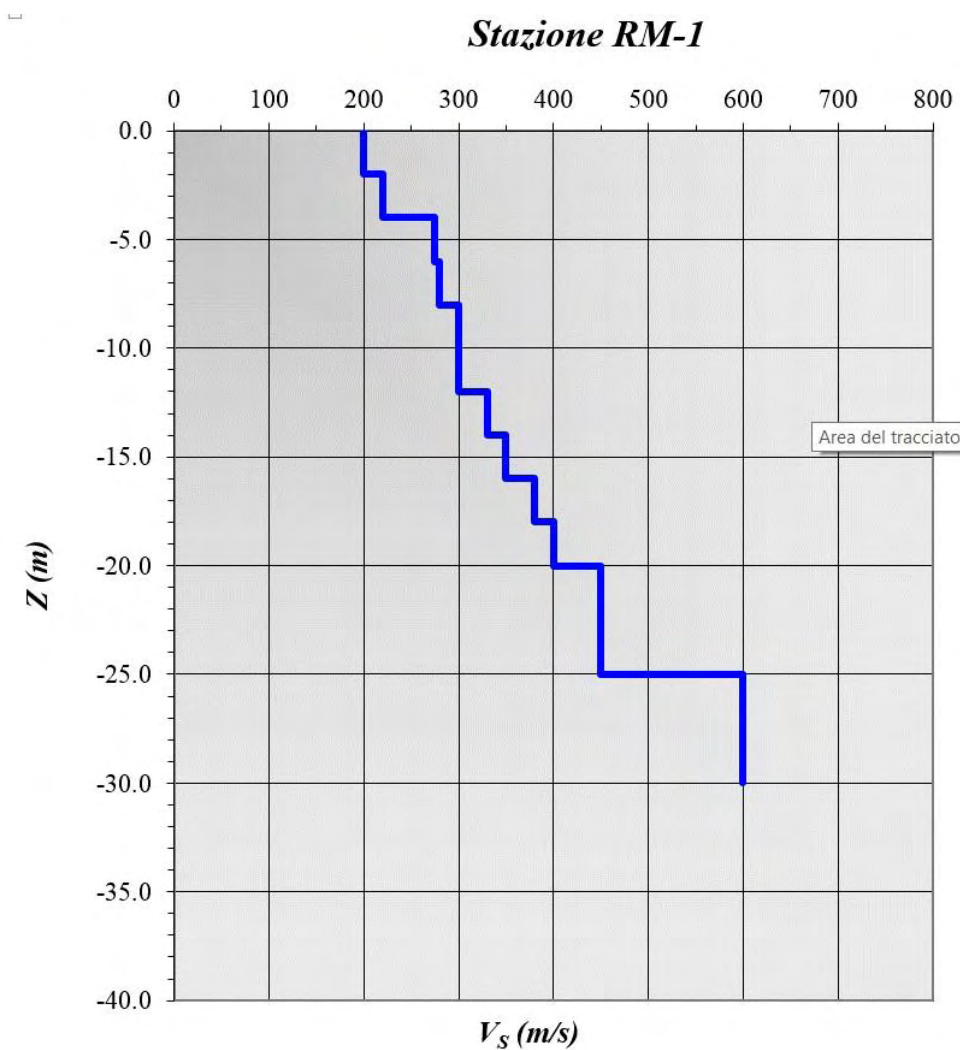


DATI STAZIONE

COMUNE	CAPPELLA MAGGIORE
CODICE STAZIONE	CM_05
WGS 84 UTM 33 NORD	5094164,840
WGS 84 UTM 33 EST	296430,933
QUOTA PIANO CAMPAGNA	95 m s.l.m.
VS ₃₀ E CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	337 - classe "B"
ANNO E MESE DI MISURA	2015/08

CURVA DI DISPERSIONE

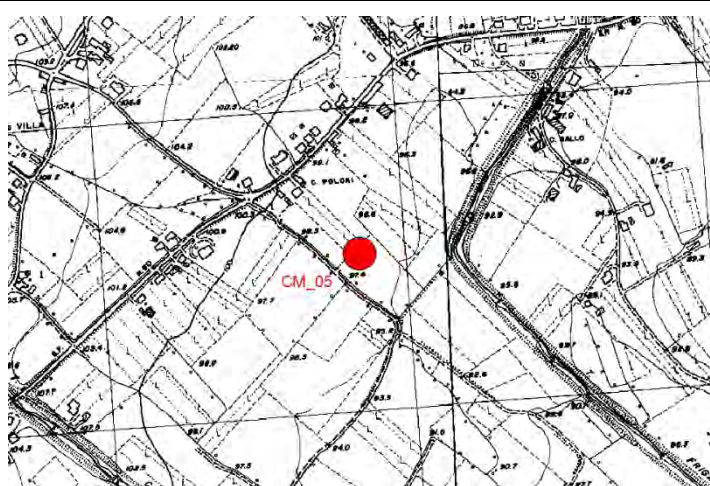


LOG VERTICALE DI VS_{30} 

FOTO



ESTRATTO C.T.R.





PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



REGIONE VENETO



CONFERENZA DELLE REGIONI E
DELLE PROVINCE AUTONOME



Comune di Cappella Maggiore (TV)

<i>Regione</i> Veneto	<i>Provincia</i> Treviso	<i>Comune</i> Cappella Maggiore
--------------------------	-----------------------------	------------------------------------

Titolo

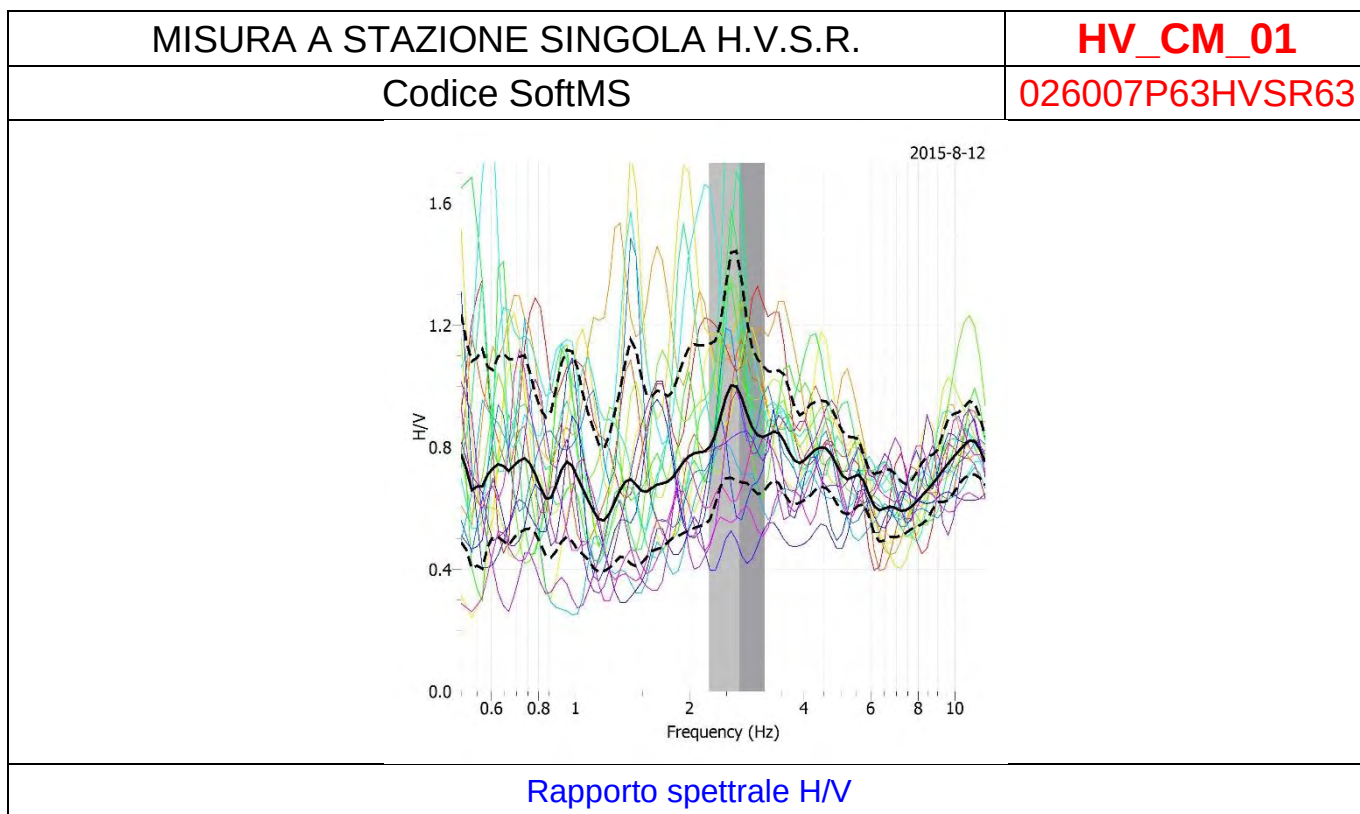
Studio di Microzonazione Sismica di Secondo Livello

Allegato 2 – Indagini HVSr

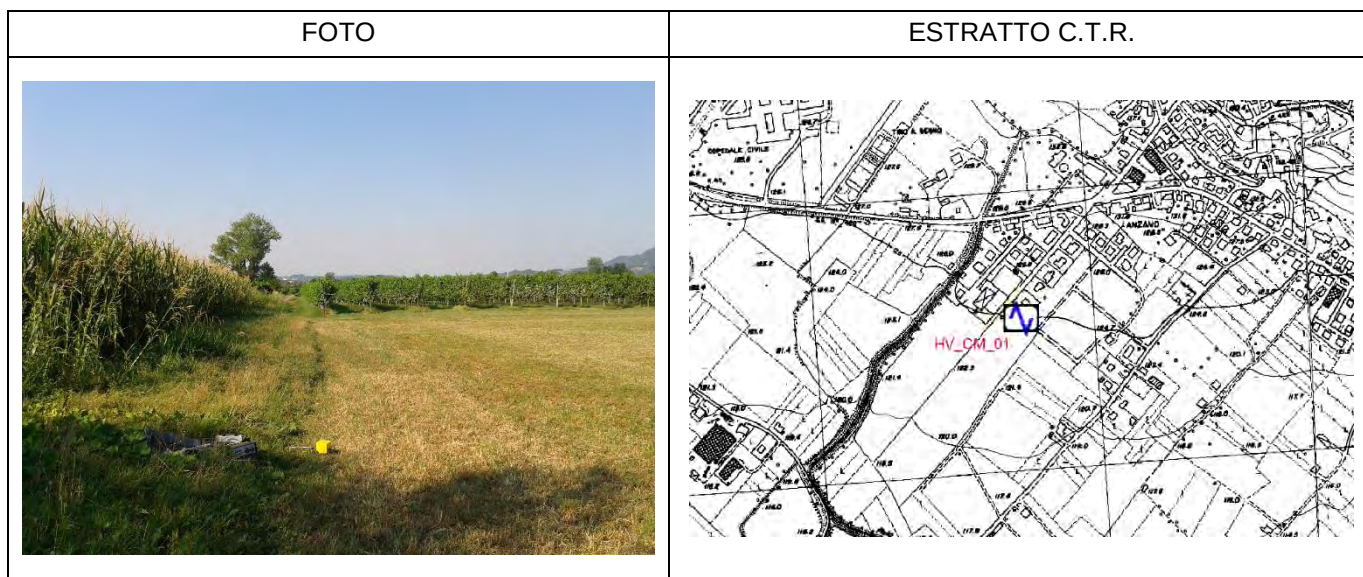
Committente Comune di Cappella Maggiore			
Dr. Geol. Paolo Sivieri – O.R.G.V. n. 169 Dr. Geol. Giovanni Rigatto – O.R.G.V. n. 839 Dr. Geol. Monica Petta – O.R.G.V. n. 843 			
Data 12 novembre 2015	Codice Commessa 15117	Rev. n. 00	Documento 15117_20151112_R00_00

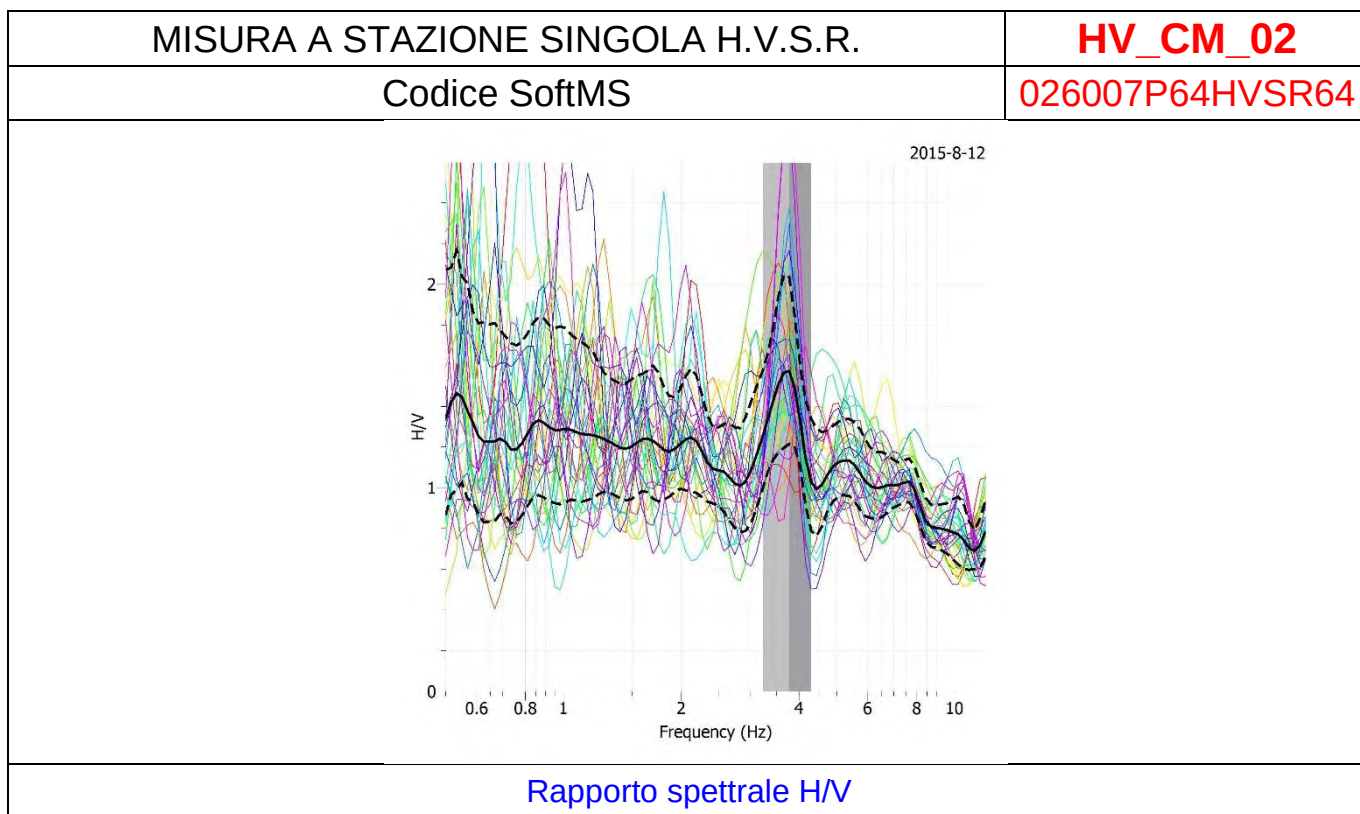
ADASTRA ENGINEERING srl - sede legale: v. Xola, 41b 30020 Torre di Mosto (Ve) - sede operativa: v. Confin, 87b 30020 Torre di Mosto (Ve)
t. 0421-325683 fax 0421-326532 www.adastra.it info@adastra.it - c.f., p. iva, reg. impr. VE 04251560274 - n° rea cciaa VE 378954 – cap. soc. 10.000 €

AZIENDA CERTIFICATA CON SISTEMA DI QUALITÀ UNI EN ISO 9001/2008

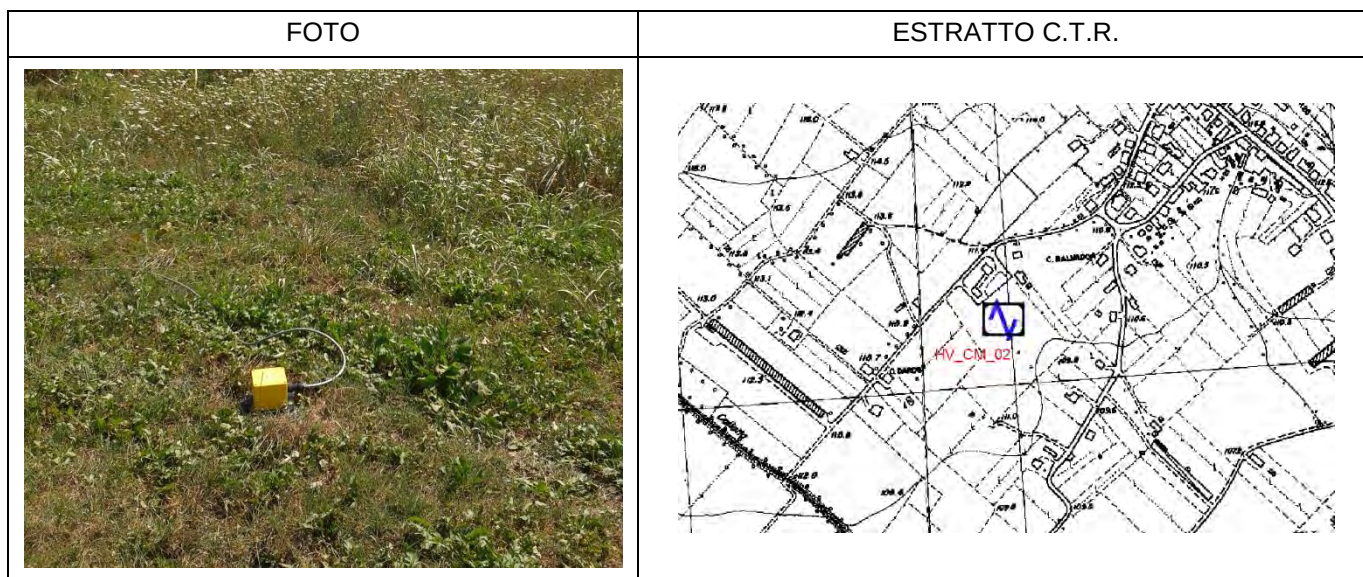


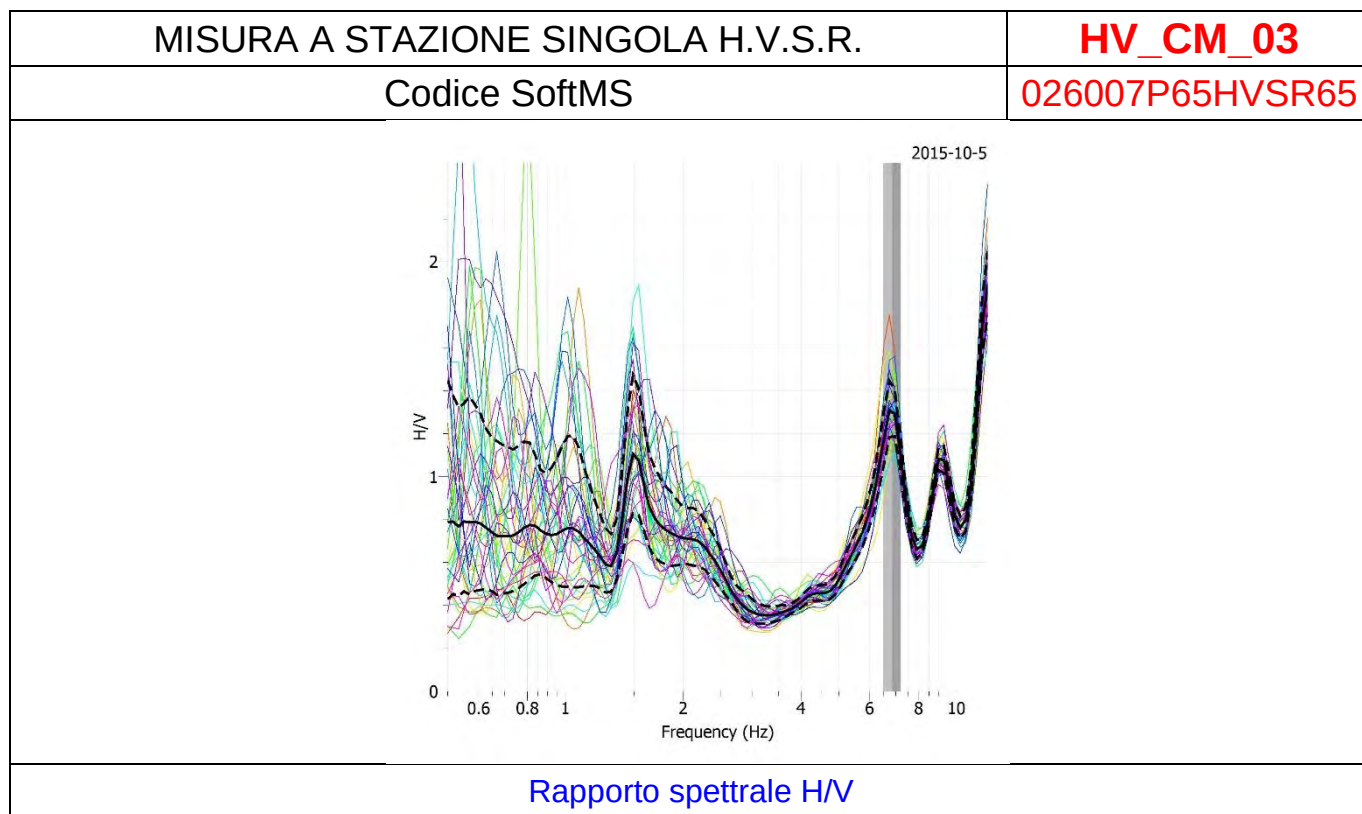
DATI STAZIONE SINGOLA H.V.S.R.	
COMUNE	CAPPELLA MAGGIORE
CODICE STAZIONE	HV_CM_01
WGS 84 UTM 33 NORD	5095678,263
WGS 84 UTM 33 EST	292877,277
QUOTA PIANO CAMPAGNA	122 m s.l.m.
FREQUENZE DI RISONANZA NELL'INTERVALLO 0.1-12 Hz	2.60
AMPIEZZA DEL RAPPORTO SPETTRALE H/V NELL'INTERVALLO 0.1-12 Hz	1.00
ANNO E MESE DI MISURA	2015/08



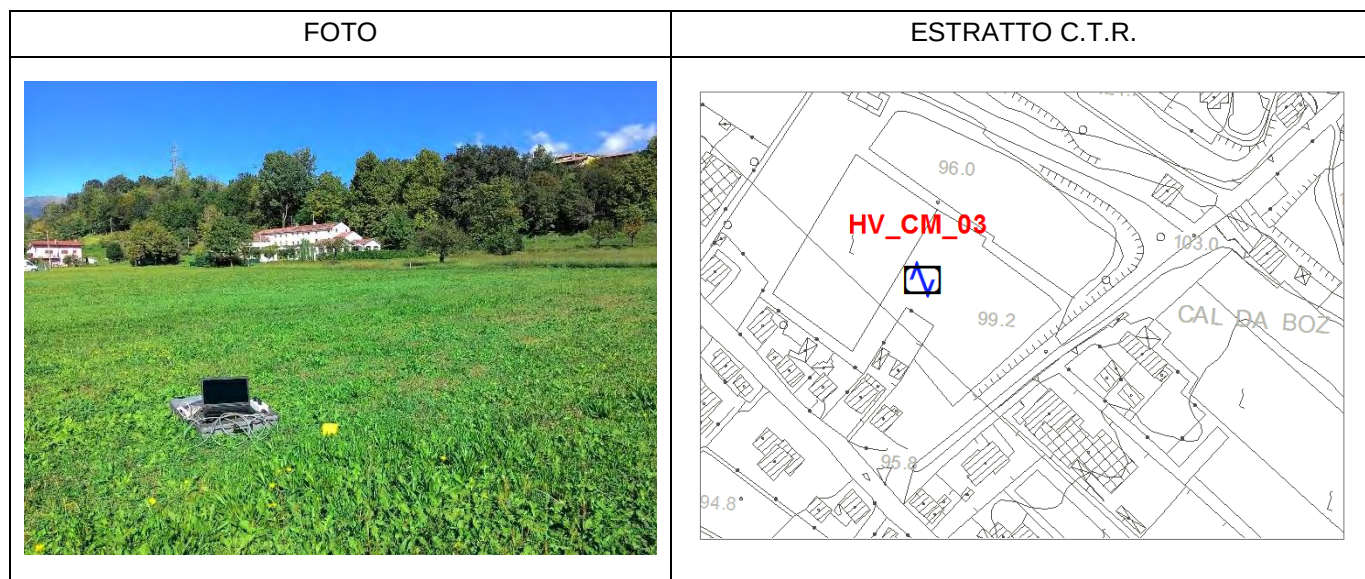


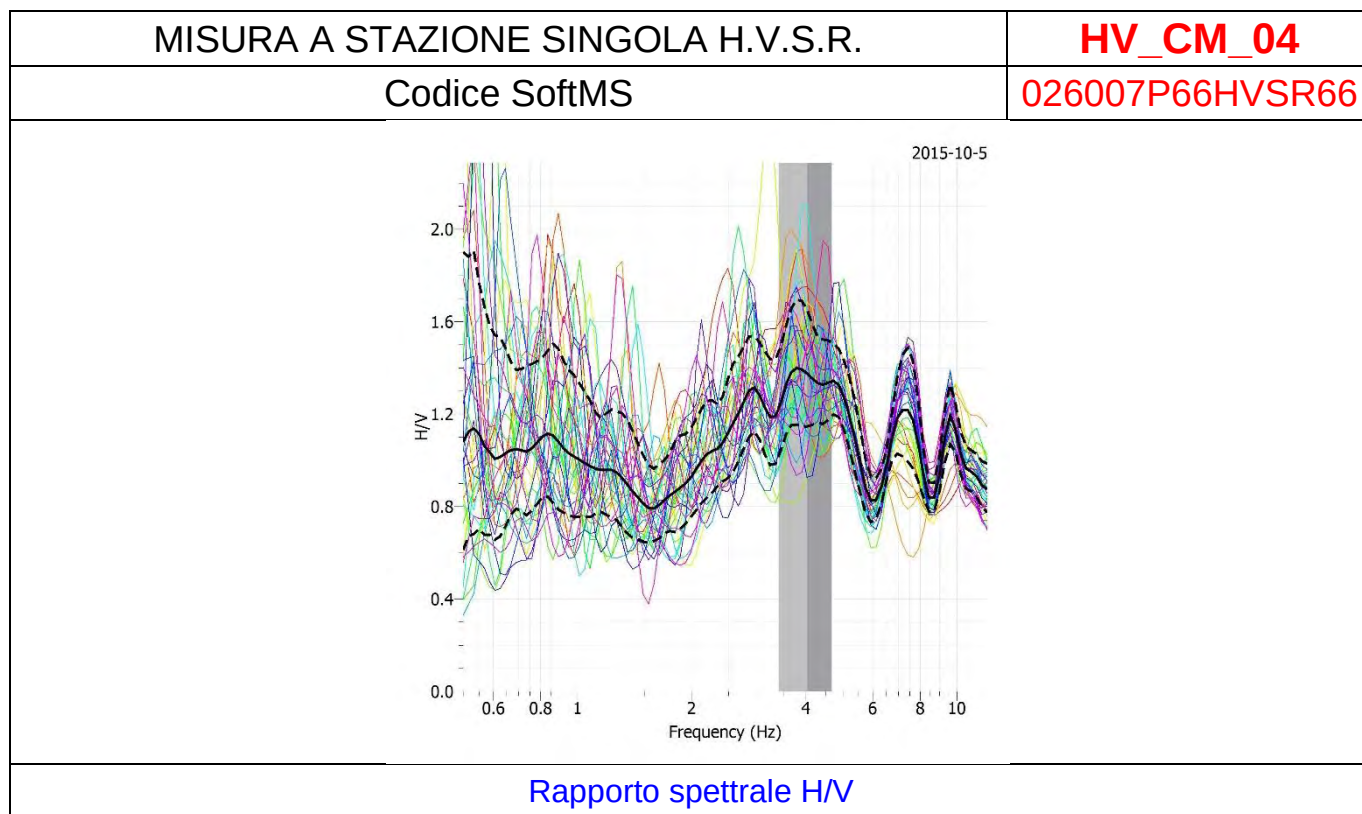
DATI STAZIONE SINGOLA H.V.S.R.	
COMUNE	CAPPELLA MAGGIORE
CODICE STAZIONE	HV_CM_02
WGS 84 UTM 33 NORD	5095004,940
WGS 84 UTM 33 EST	293495,437
QUOTA PIANO CAMPAGNA	110 m s.l.m.
FREQUENZE DI RISONANZA NELL'INTERVALLO 0.1-12 Hz	3.68
AMPIEZZA DEL RAPPORTO SPETTRALE H/V NELL'INTERVALLO 0.1-12 Hz	1.57
ANNO E MESE DI MISURA	2015/08





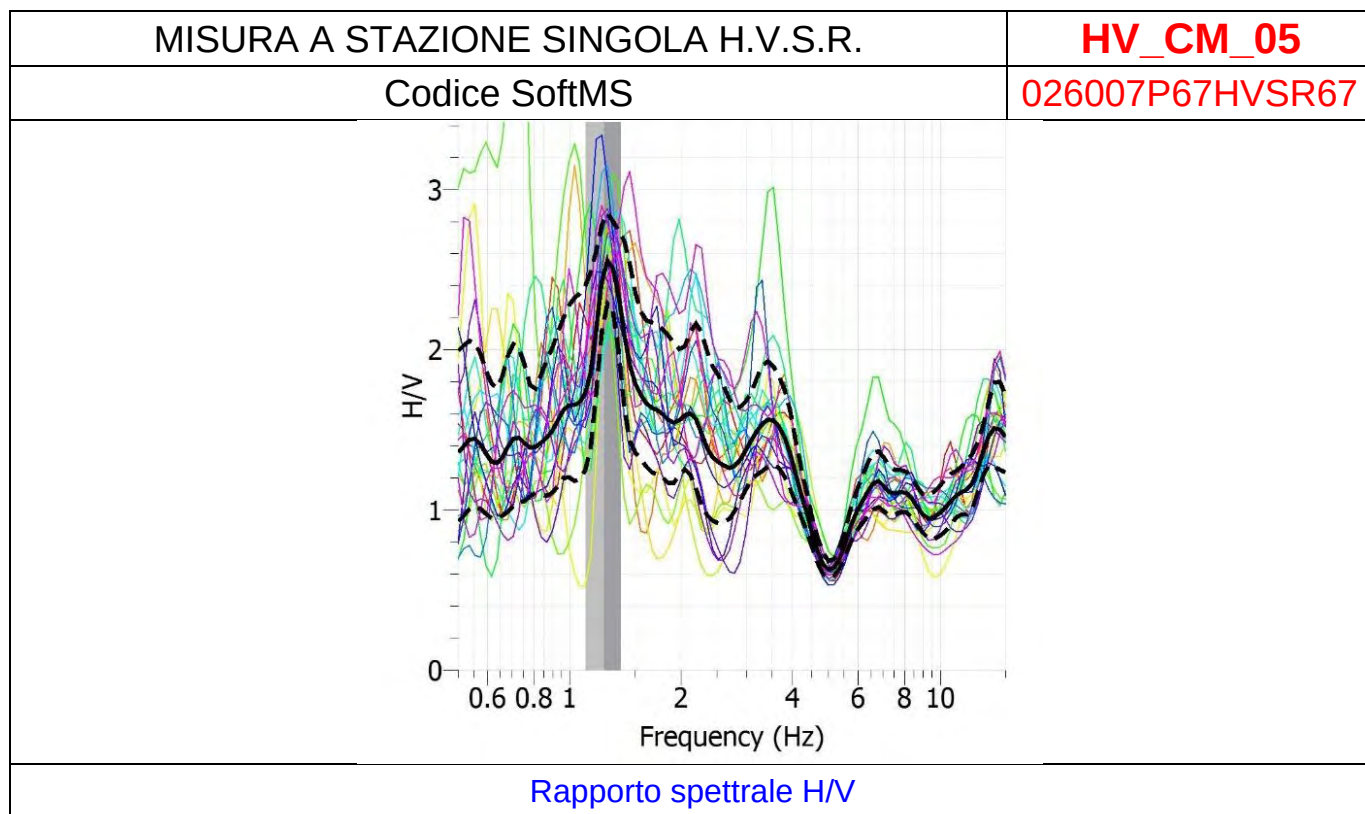
DATI STAZIONE SINGOLA H.V.S.R.	
COMUNE	CAPELLA MAGGIORE
CODICE STAZIONE	HV_CM_03
WGS 84 UTM 33 NORD	5093960,284
WGS 84 UTM 33 EST	295046,137
QUOTA PIANO CAMPAGNA	99 m s.l.m.
FREQUENZE DI RISONANZA NELL'INTERVALLO 0.1-12 Hz	1.49 – 6.87 – 9.25
AMPIEZZA DEL RAPPORTO SPETTRALE H/V NELL'INTERVALLO 0.1-12 Hz	1.10 – 1.32 – 1.09
ANNO E MESE DI MISURA	2015/10





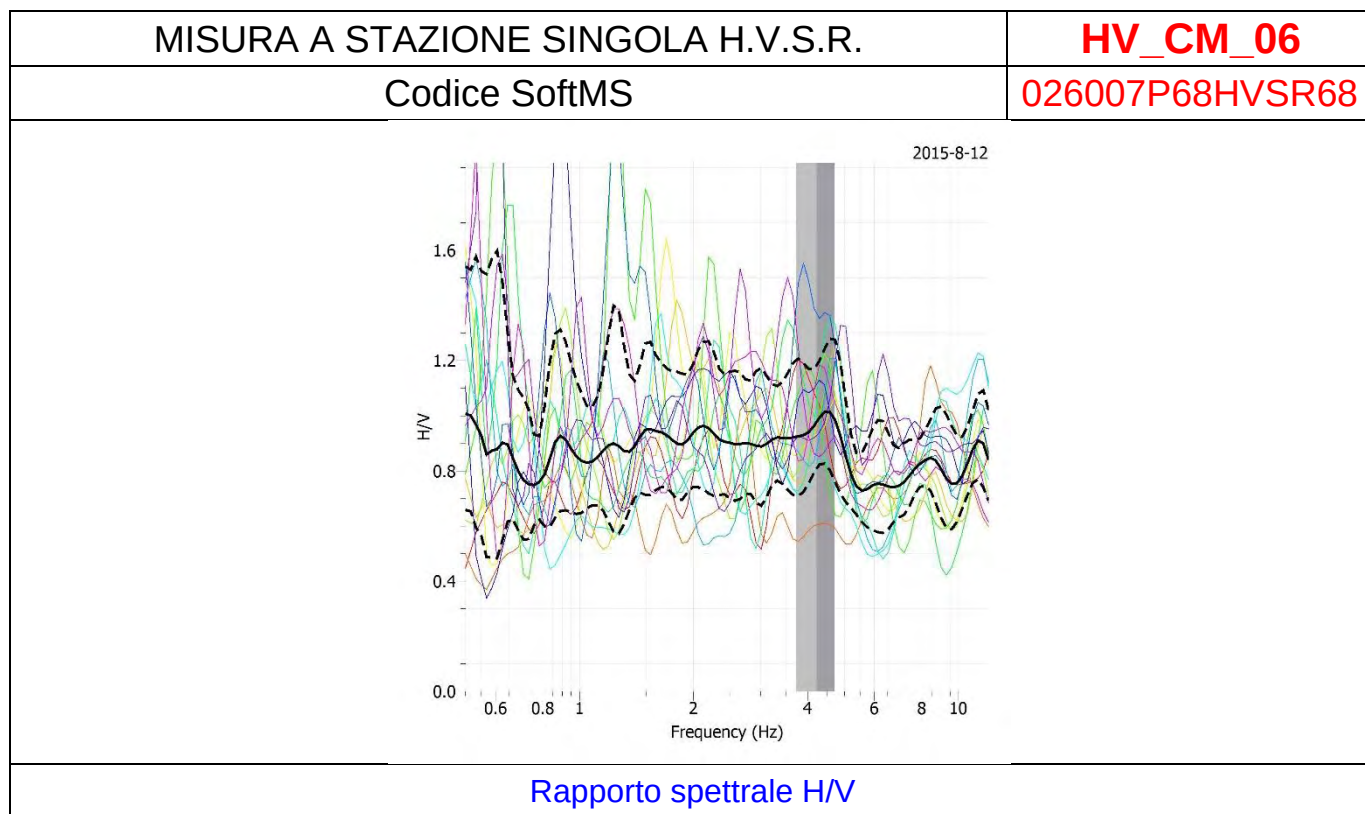
DATI STAZIONE SINGOLA H.V.S.R.	
COMUNE	CAPELLA MAGGIORE
CODICE STAZIONE	HV_CM_04
WGS 84 UTM 33 NORD	5093714,940
WGS 84 UTM 33 EST	294486,171
QUOTA PIANO CAMPAGNA	95 m s.l.m.
FREQUENZE DI RISONANZA NELL'INTERVALLO 0.1-12 Hz	4.14 – 7.29 – 9.62
AMPIEZZA DEL RAPPORTO SPETTRALE H/V NELL'INTERVALLO 0.1-12 Hz	1.36 – 1.22 – 1.16
ANNO E MESE DI MISURA	2015/10

FOTO	ESTRATTO C.T.R.



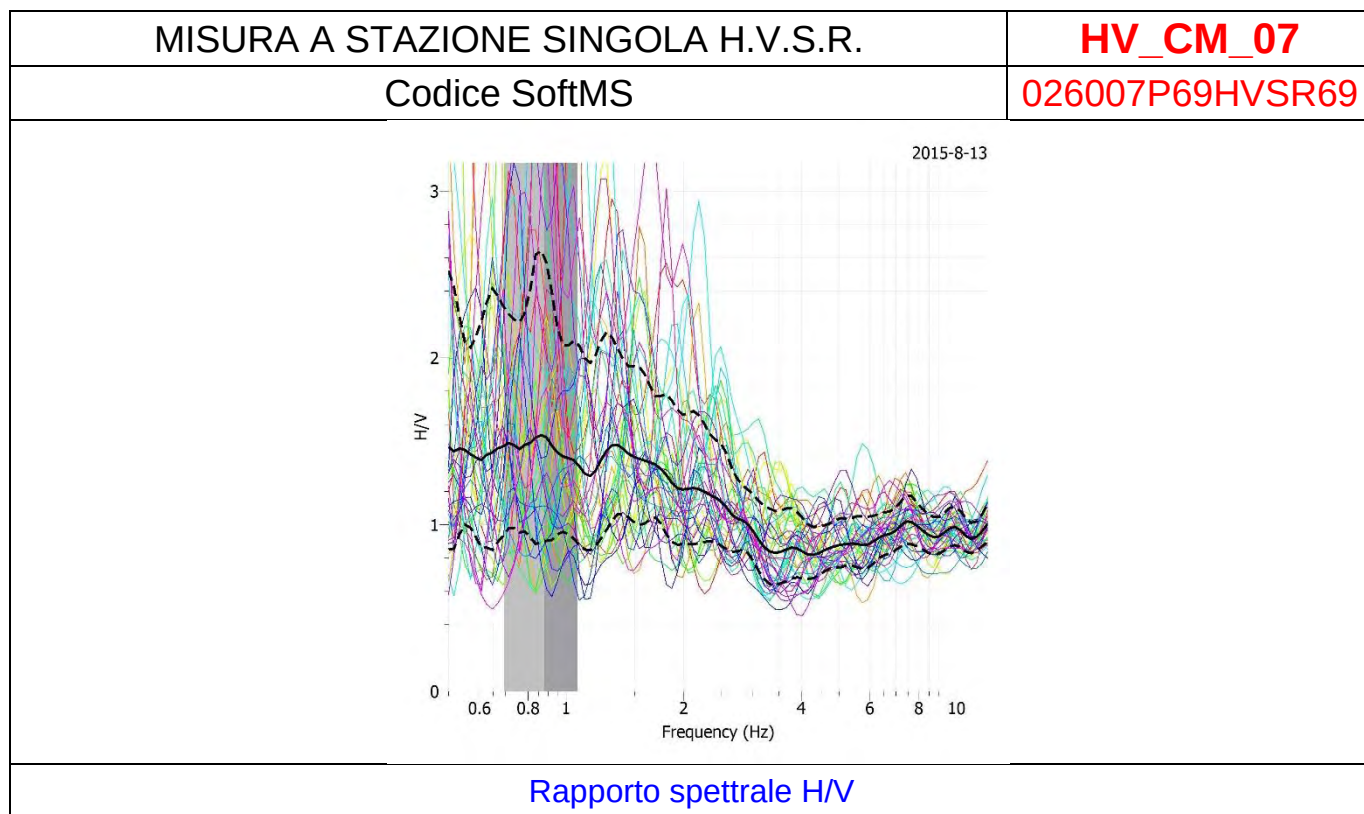
DATI STAZIONE SINGOLA H.V.S.R.	
COMUNE	CAPPELLA MAGGIORE
CODICE STAZIONE	HV_CM_05
WGS 84 UTM 33 NORD	5094204,073
WGS 84 UTM 33 EST	295875,042
QUOTA PIANO CAMPAGNA	105 m s.l.m.
FREQUENZE DI RISONANZA NELL'INTERVALLO 0.1-12 Hz	1.50
AMPIEZZA DEL RAPPORTO SPETTRALE H/V NELL'INTERVALLO 0.1-12 Hz	2.56
ANNO E MESE DI MISURA	2015/08

FOTO	ESTRATTO C.T.R.

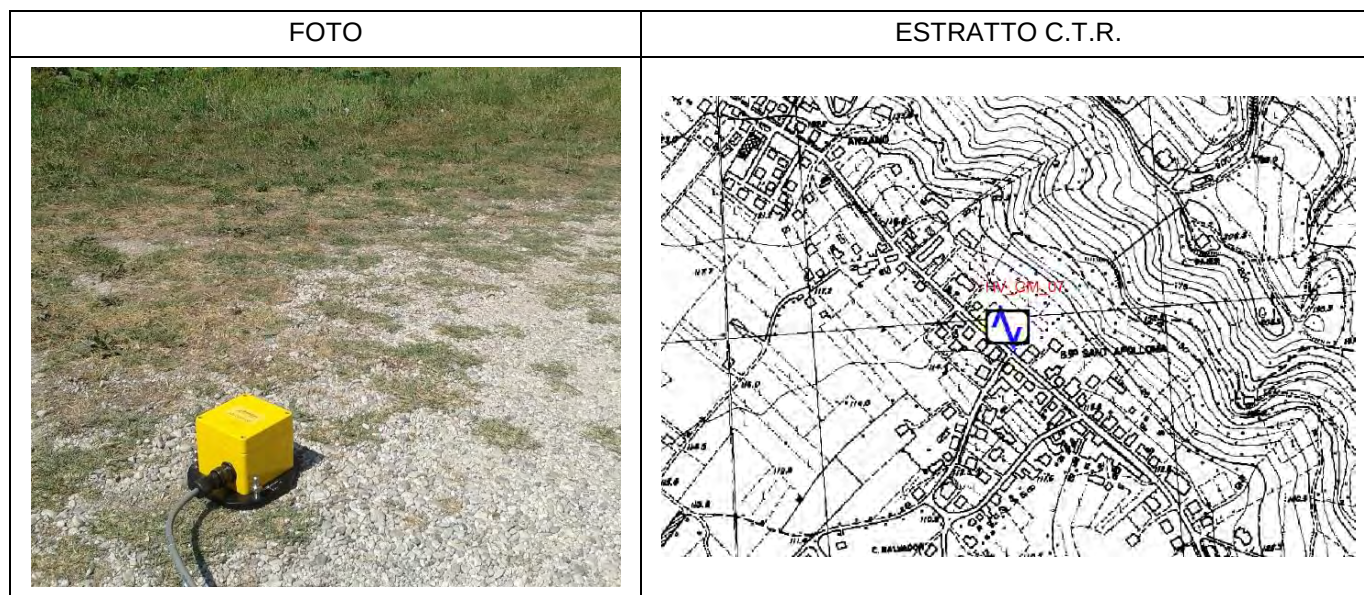


DATI STAZIONE SINGOLA H.V.S.R.	
COMUNE	CAPPELLA MAGGIORE
CODICE STAZIONE	HV_CM_06
WGS 84 UTM 33 NORD	5095427,006
WGS 84 UTM 33 EST	292962,234
QUOTA PIANO CAMPAGNA	120 m s.l.m.
FREQUENZE DI RISONANZA NELL'INTERVALLO 0.1-12 Hz	4.39
AMPIEZZA DEL RAPPORTO SPETTRALE H/V NELL'INTERVALLO 0.1-12 Hz	1.01
ANNO E MESE DI MISURA	2015/08

FOTO	ESTRATTO C.T.R.

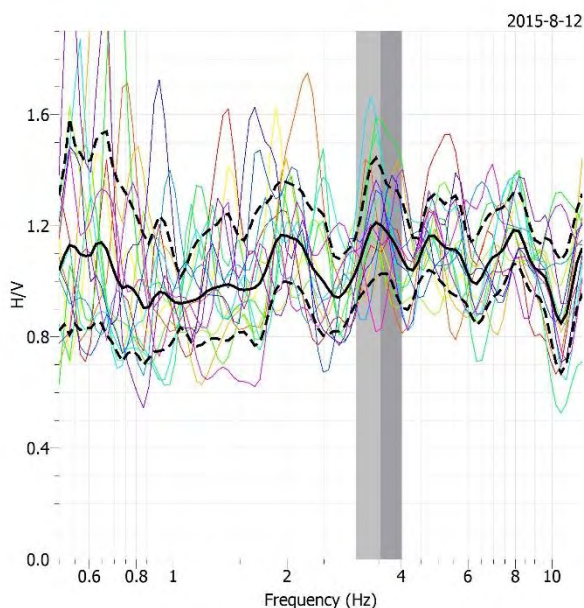


DATI STAZIONE SINGOLA H.V.S.R.	
COMUNE	CAPPELLA MAGGIORE
CODICE STAZIONE	HV_CM_07
WGS 84 UTM 33 NORD	5095391,097
WGS 84 UTM 33 EST	293781,761
QUOTA PIANO CAMPAGNA	125 m s.l.m.
FREQUENZE DI RISONANZA NELL'INTERVALLO 0.1-12 Hz	-
AMPIEZZA DEL RAPPORTO SPETTRALE H/V NELL'INTERVALLO 0.1-12 Hz	-
ANNO E MESE DI MISURA	2015/08



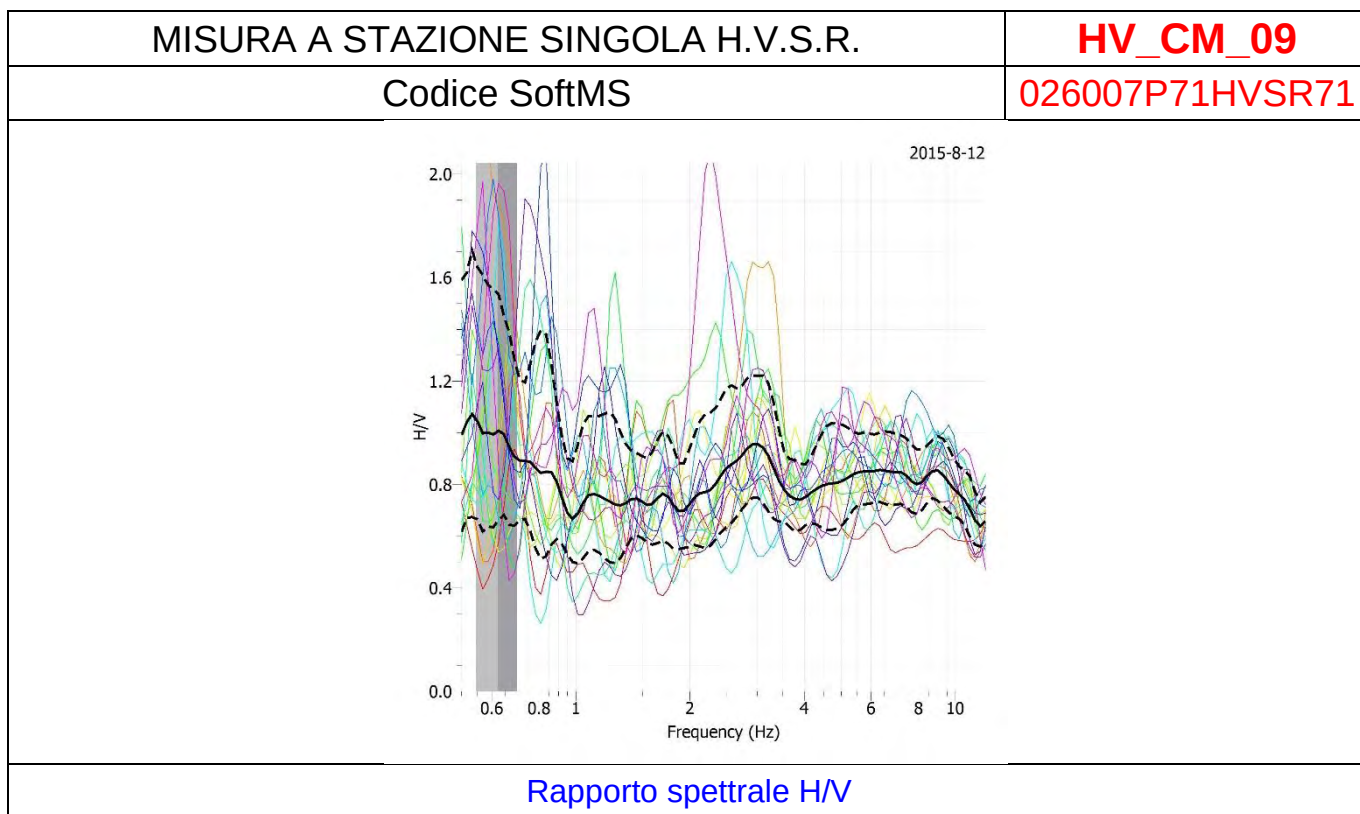
MISURA A STAZIONE SINGOLA H.V.S.R.**HV_CM_08**

Codice SoftMS

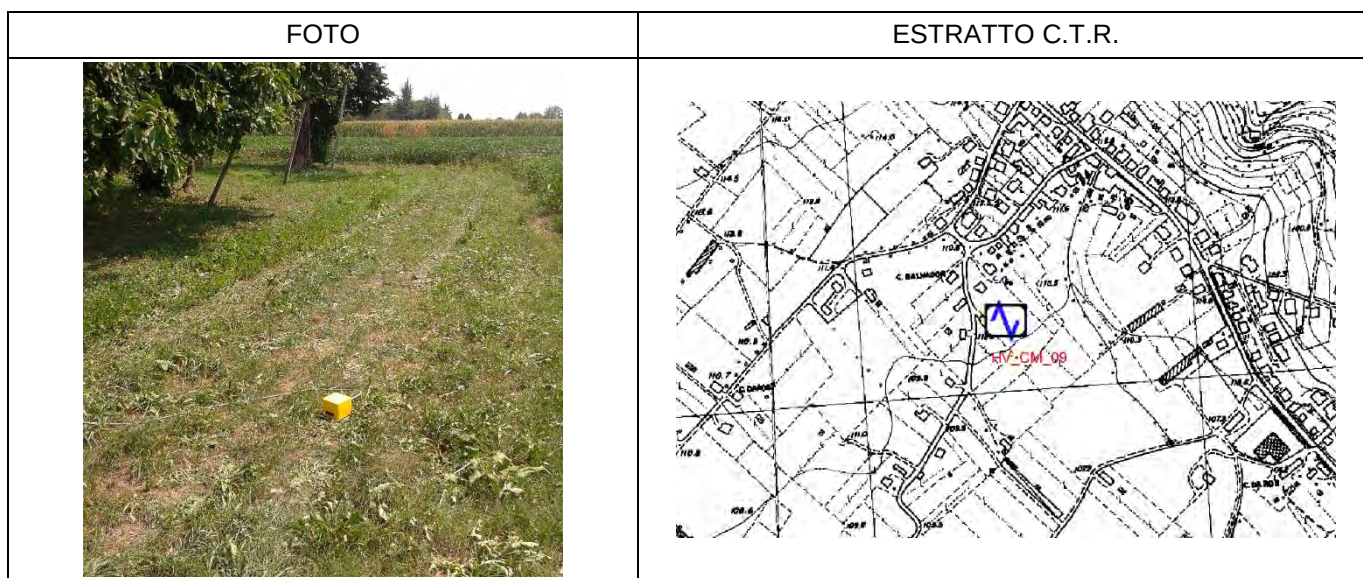
026007P70HVS70**Rapporto spettrale H/V****DATI STAZIONE SINGOLA H.V.S.R.**

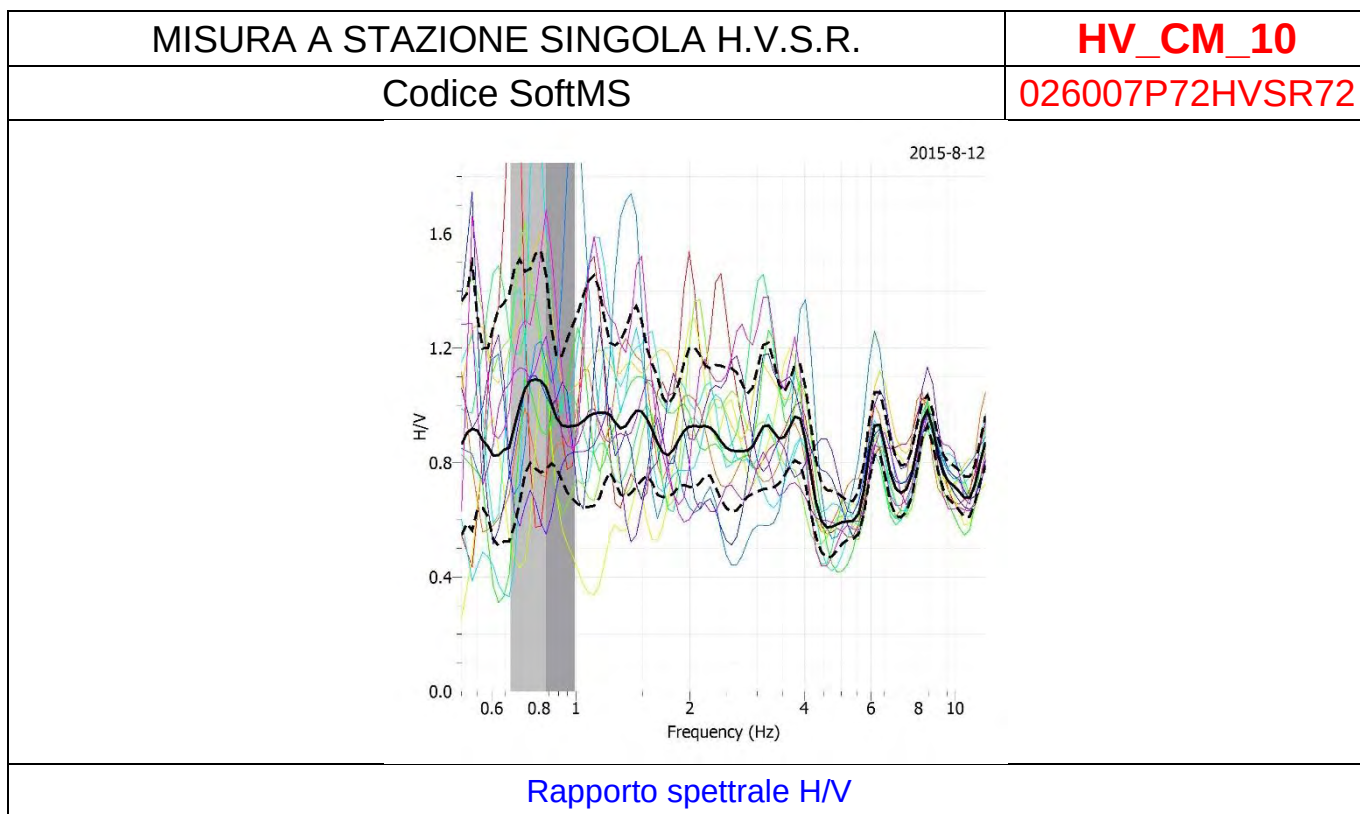
COMUNE	CAPPELLA MAGGIORE
CODICE STAZIONE	HV_CM_08
WGS 84 UTM 33 NORD	5094896,521
WGS 84 UTM 33 EST	293724,698
QUOTA PIANO CAMPAGNA	109 m s.l.m.
FREQUENZE DI RISONANZA NELL'INTERVALLO 0.1-12 Hz	-
AMPIEZZA DEL RAPPORTO SPETTRALE H/V NELL'INTERVALLO 0.1-12 Hz	-
ANNO E MESE DI MISURA	2015/08

FOTO**ESTRATTO C.T.R.**

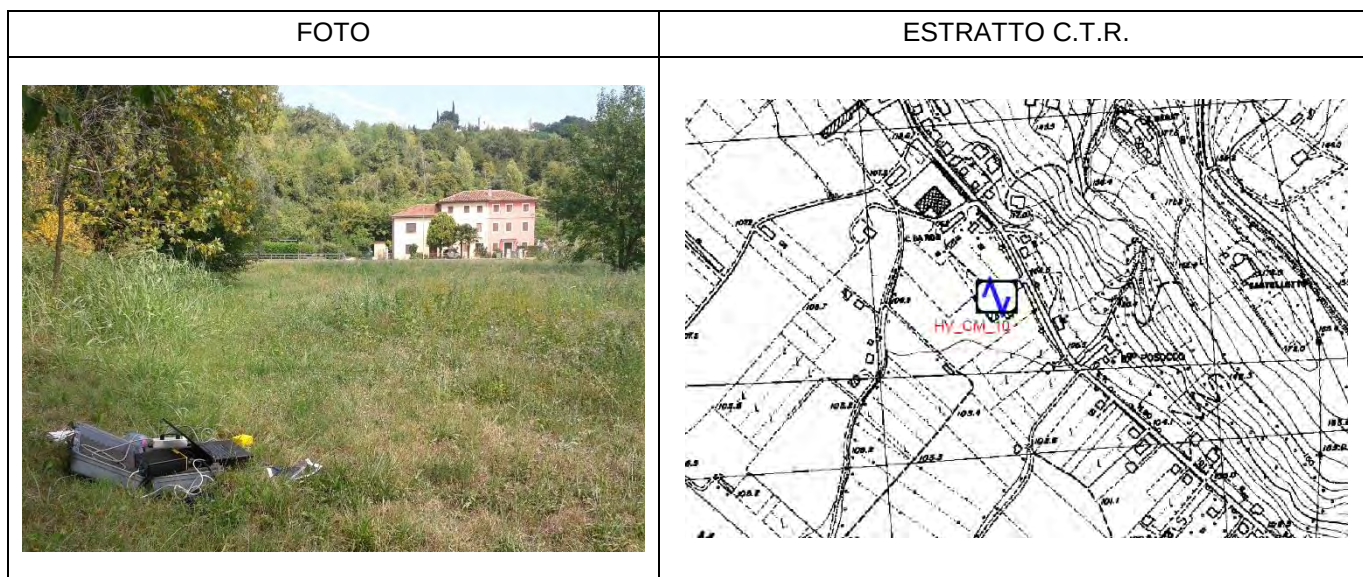


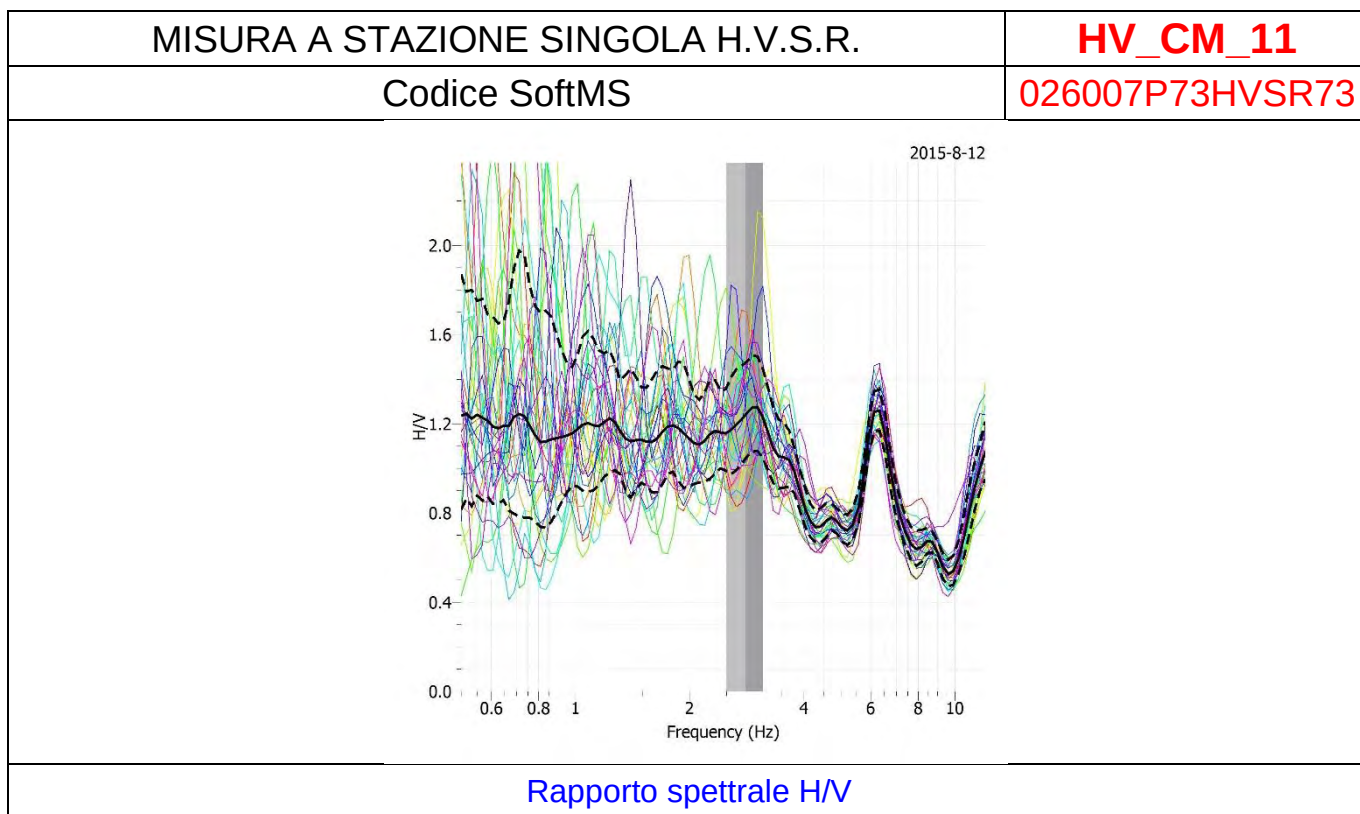
DATI STAZIONE SINGOLA H.V.S.R.	
COMUNE	CAPPELLA MAGGIORE
CODICE STAZIONE	HV_CM_09
WGS 84 UTM 33 NORD	5095012,534
WGS 84 UTM 33 EST	293724,063
QUOTA PIANO CAMPAGNA	110 m s.l.m.
FREQUENZE DI RISONANZA NELL'INTERVALLO 0.1-12 Hz	2.96
AMPIEZZA DEL RAPPORTO SPETTRALE H/V NELL'INTERVALLO 0.1-12 Hz	0.96
ANNO E MESE DI MISURA	2015/08



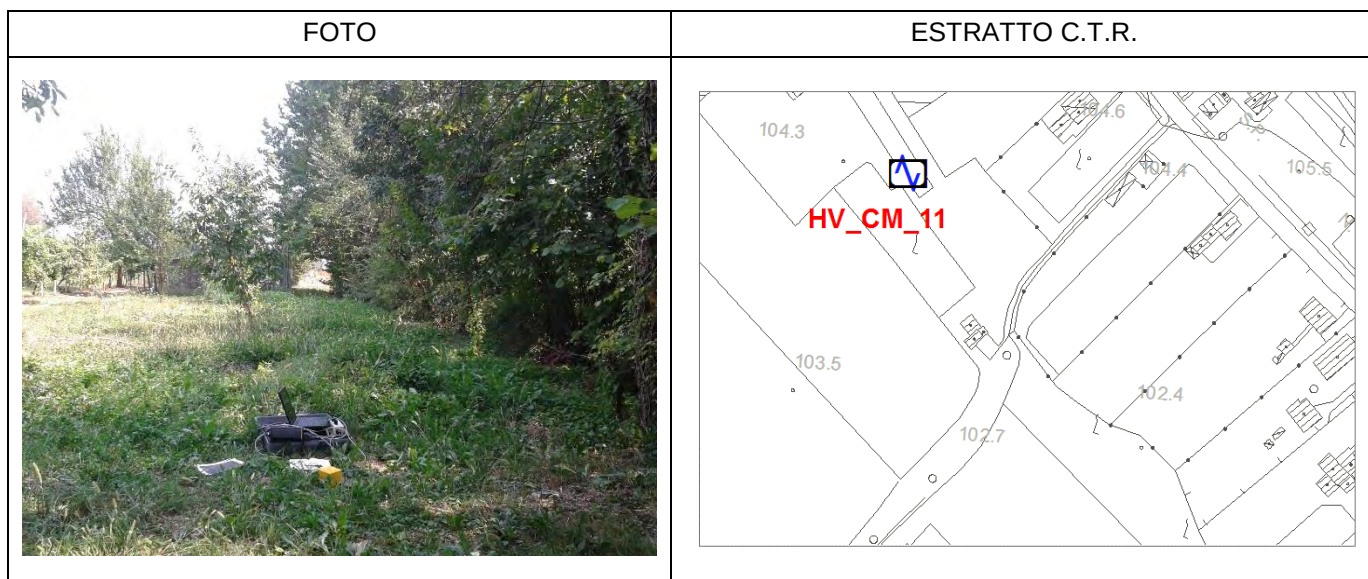


DATI STAZIONE SINGOLA H.V.S.R.	
COMUNE	CAPPELLA MAGGIORE
CODICE STAZIONE	HV_CM_10
WGS 84 UTM 33 NORD	5094644,663
WGS 84 UTM 33 EST	294190,002
QUOTA PIANO CAMPAGNA	105 m s.l.m.
FREQUENZE DI RISONANZA NELL'INTERVALLO 0.1-12 Hz	6.19 – 8.50
AMPIEZZA DEL RAPPORTO SPETTRALE H/V NELL'INTERVALLO 0.1-12 Hz	0.92 – 0.97
ANNO E MESE DI MISURA	2015/08



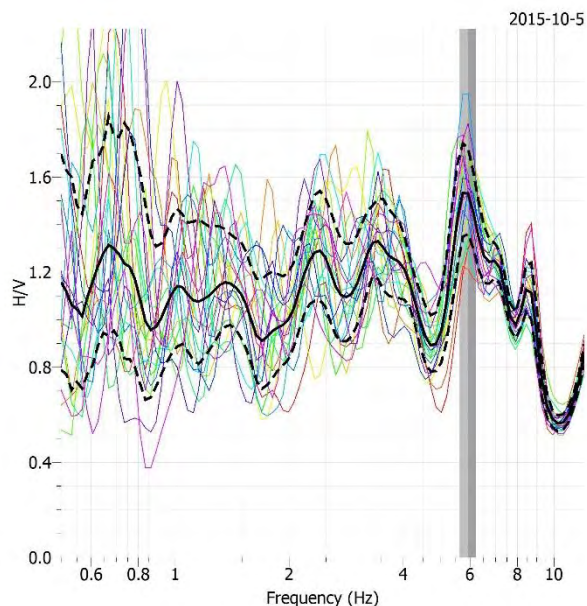


DATI STAZIONE SINGOLA H.V.S.R.	
COMUNE	CAPELLA MAGGIORE
CODICE STAZIONE	HV_CM_11
WGS 84 UTM 33 NORD	5094570,622
WGS 84 UTM 33 EST	294157,667
QUOTA PIANO CAMPAGNA	104 m s.l.m.
FREQUENZE DI RISONANZA NELL'INTERVALLO 0.1-12 Hz	2.96 – 6.31
AMPIEZZA DEL RAPPORTO SPETTRALE H/V NELL'INTERVALLO 0.1-12 Hz	1.29 – 1.30
ANNO E MESE DI MISURA	2015/08



MISURA A STAZIONE SINGOLA H.V.S.R.**HV_CM_12**

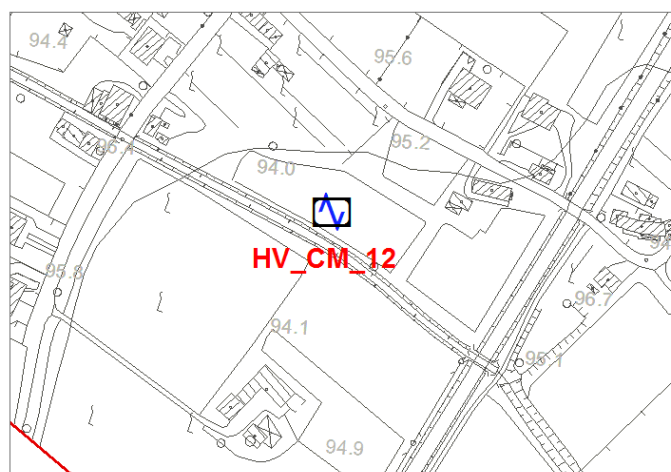
Codice SoftMS

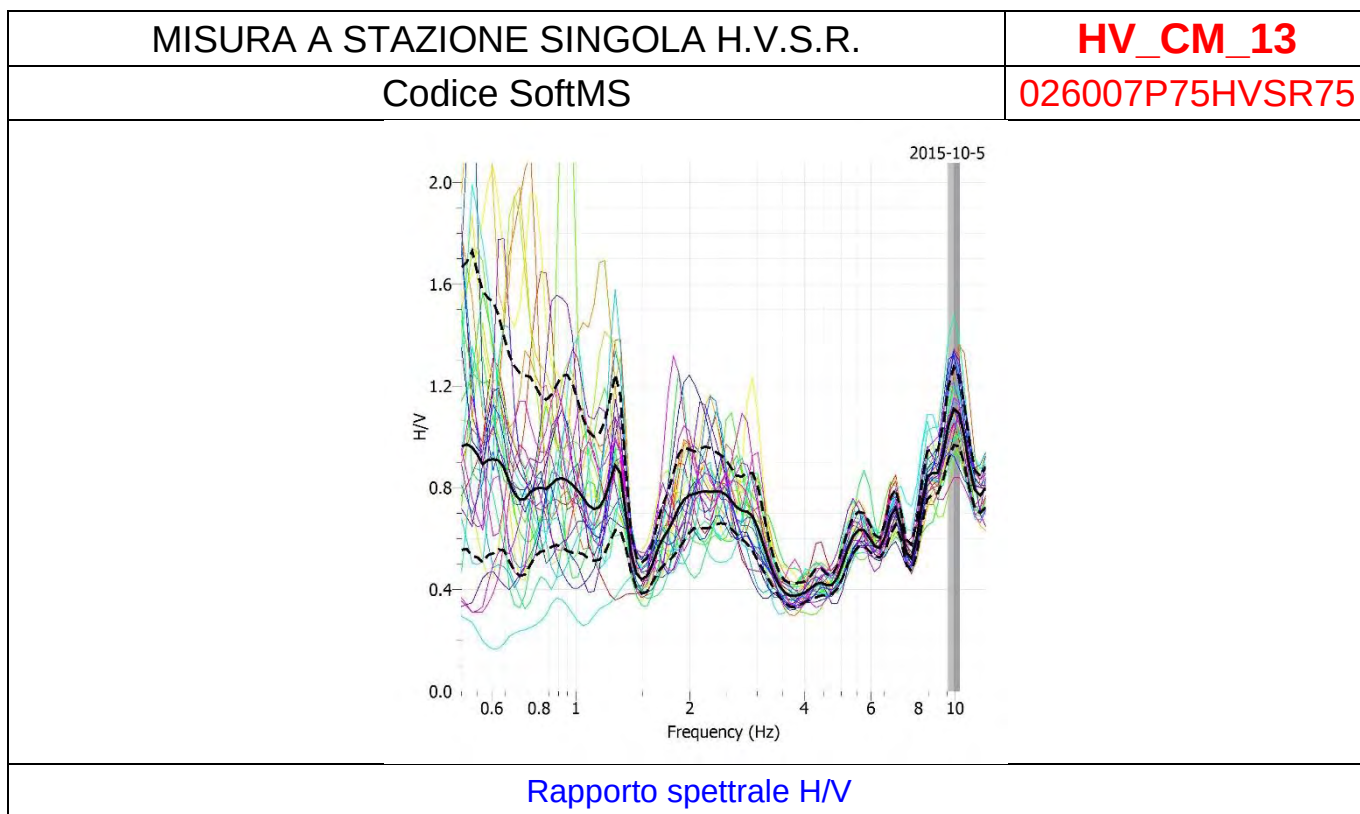
026007P74HVS74

Rapporto spettrale H/V

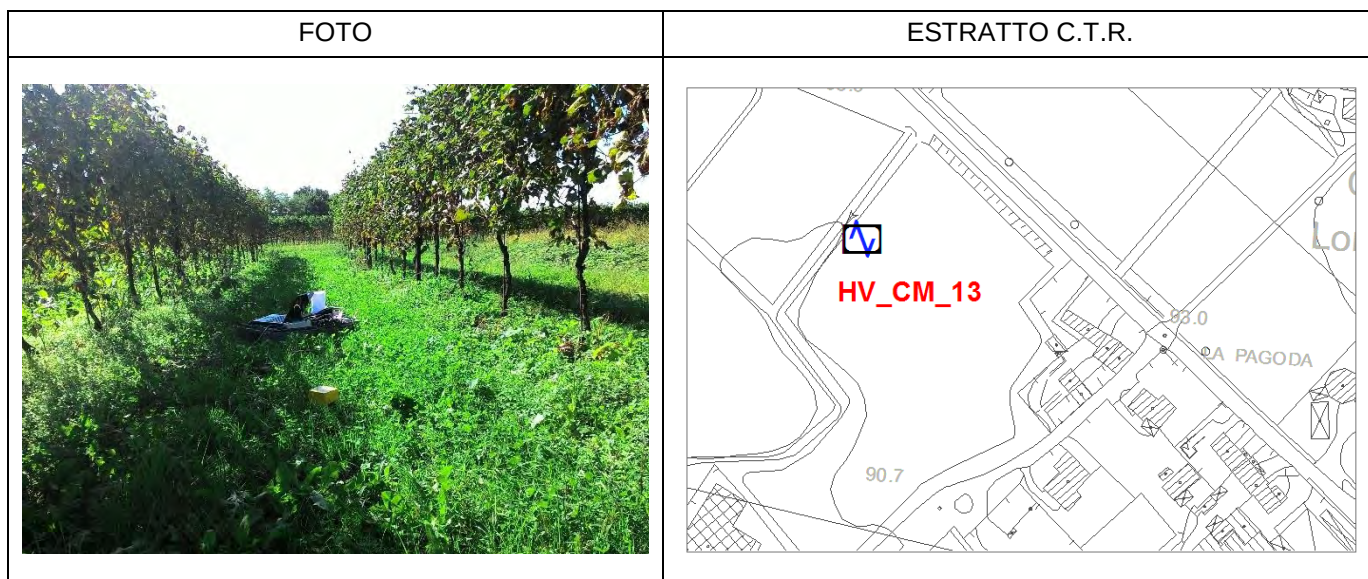
DATI STAZIONE SINGOLA H.V.S.R.

COMUNE	CAPPELLA MAGGIORE
CODICE STAZIONE	HV_CM_12
WGS 84 UTM 33 NORD	5093586,668
WGS 84 UTM 33 EST	294409,971
QUOTA PIANO CAMPAGNA	94 m s.l.m.
FREQUENZE DI RISONANZA NELL'INTERVALLO 0.1-12 Hz	2.35 – 3.39 – 5.85 – 8.50
AMPIEZZA DEL RAPPORTO SPETTRALE H/V NELL'INTERVALLO 0.1-12 Hz	1.28 – 1.34 – 1.52 – 1.14
ANNO E MESE DI MISURA	2015/10

FOTO**ESTRATTO C.T.R.**

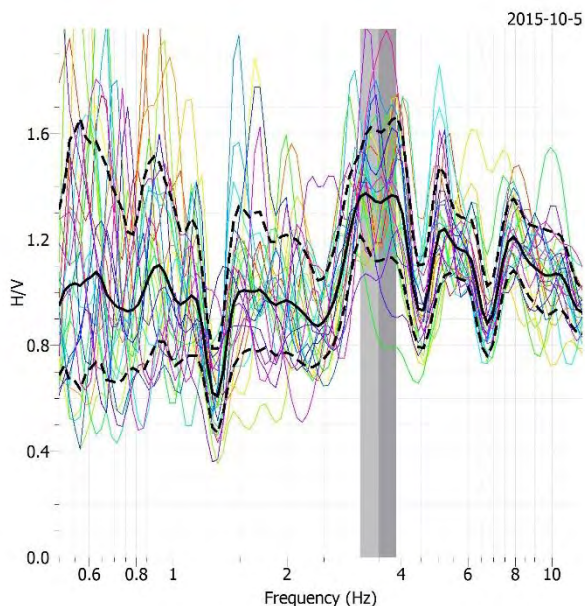


DATI STAZIONE SINGOLA H.V.S.R.	
COMUNE	CAPPELLA MAGGIORE
CODICE STAZIONE	HV_CM_13
WGS 84 UTM 33 NORD	5093447,534
WGS 84 UTM 33 EST	295346,140
QUOTA PIANO CAMPAGNA	91 m s.l.m.
FREQUENZE DI RISONANZA NELL'INTERVALLO 0.1-12 Hz	0.99 - 10.00
AMPIEZZA DEL RAPPORTO SPETTRALE H/V NELL'INTERVALLO 0.1-12 Hz	0.89 - 1.11
ANNO E MESE DI MISURA	2015/10

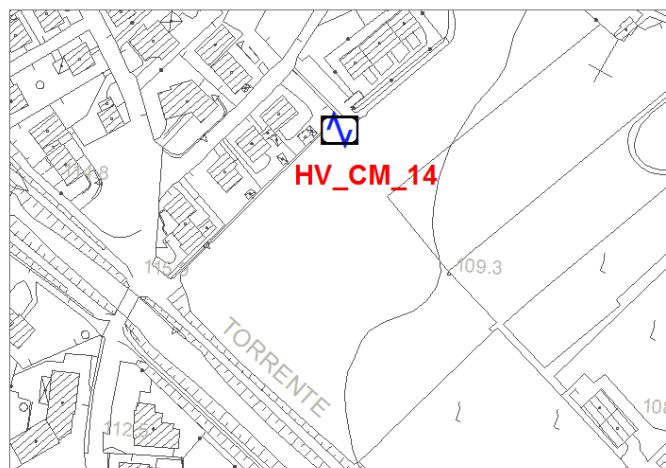


MISURA A STAZIONE SINGOLA H.V.S.R.**HV_CM_14**

Codice SoftMS

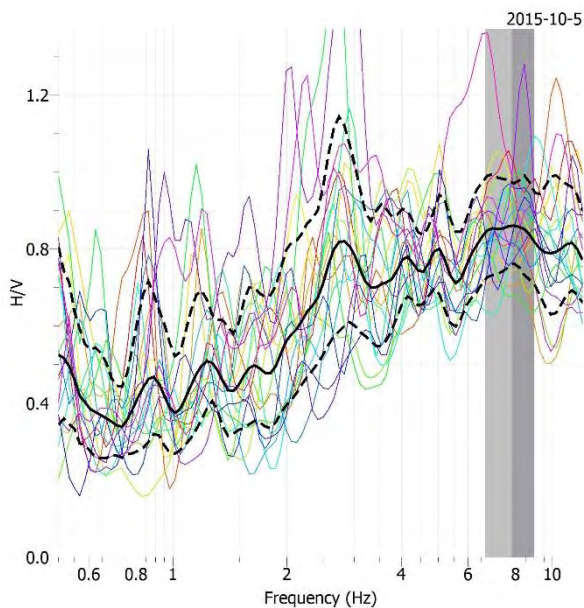
026007P76HVS76**Rapporto spettrale H/V****DATI STAZIONE SINGOLA H.V.S.R.**

COMUNE	CAPPELLA MAGGIORE
CODICE STAZIONE	HV_CM_14
WGS 84 UTM 33 NORD	5094402,284
WGS 84 UTM 33 EST	295644,621
QUOTA PIANO CAMPAGNA	109 m s.l.m.
FREQUENZE DI RISONANZA NELL'INTERVALLO 0.1-12 Hz	3.49 – 5.21 – 7.95
AMPIEZZA DEL RAPPORTO SPETTRALE H/V NELL'INTERVALLO 0.1-12 Hz	1.35 – 1.24 – 1.20
ANNO E MESE DI MISURA	2015/10

FOTO**ESTRATTO C.T.R.**

MISURA A STAZIONE SINGOLA H.V.S.R.**HV_CM_15**

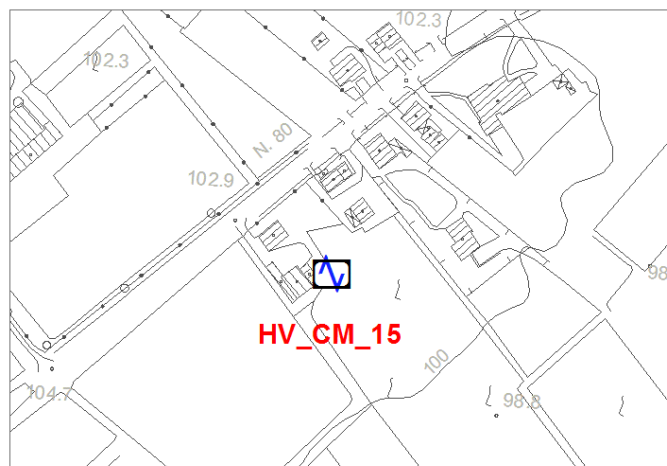
Codice SoftMS

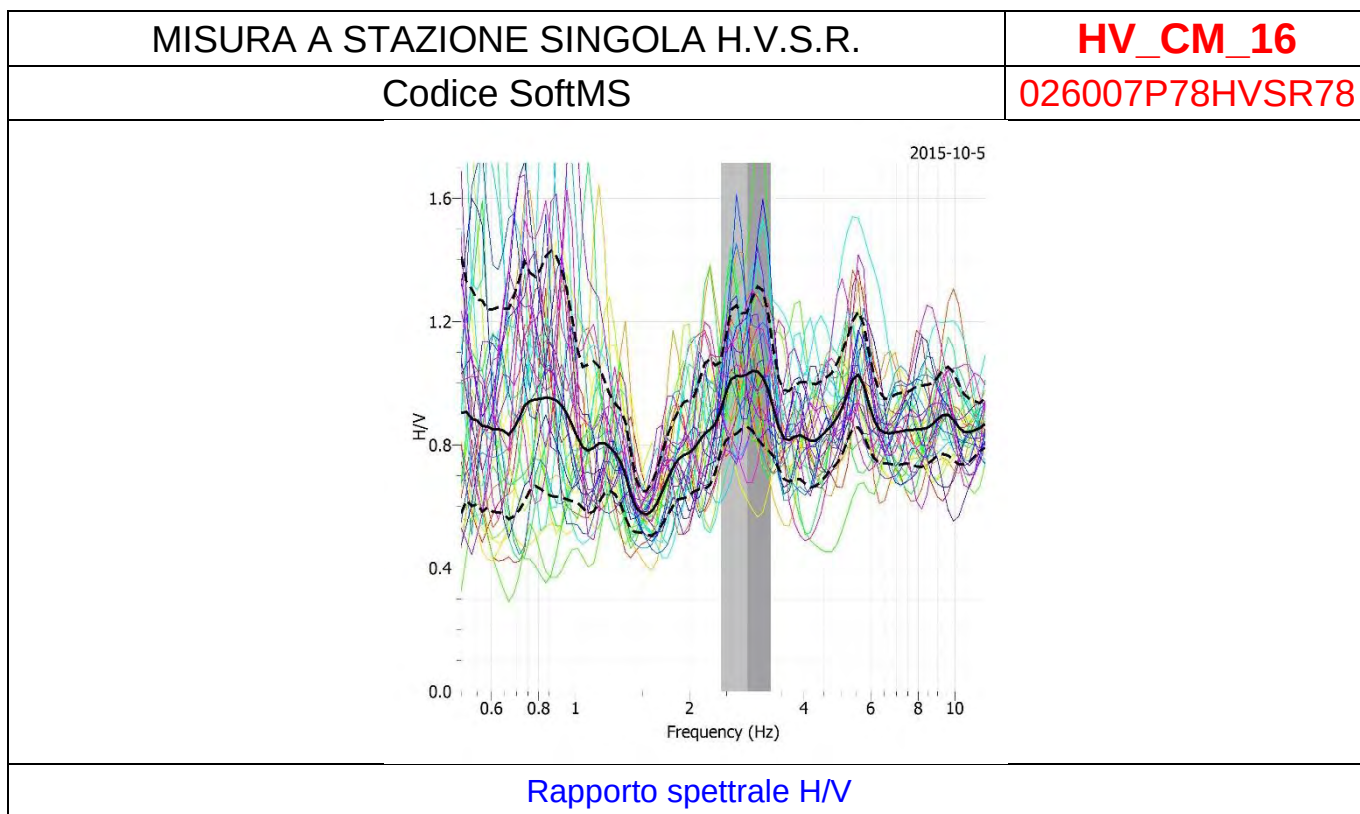
026007P77HVSR77

Rapporto spettrale H/V

DATI STAZIONE SINGOLA H.V.S.R.

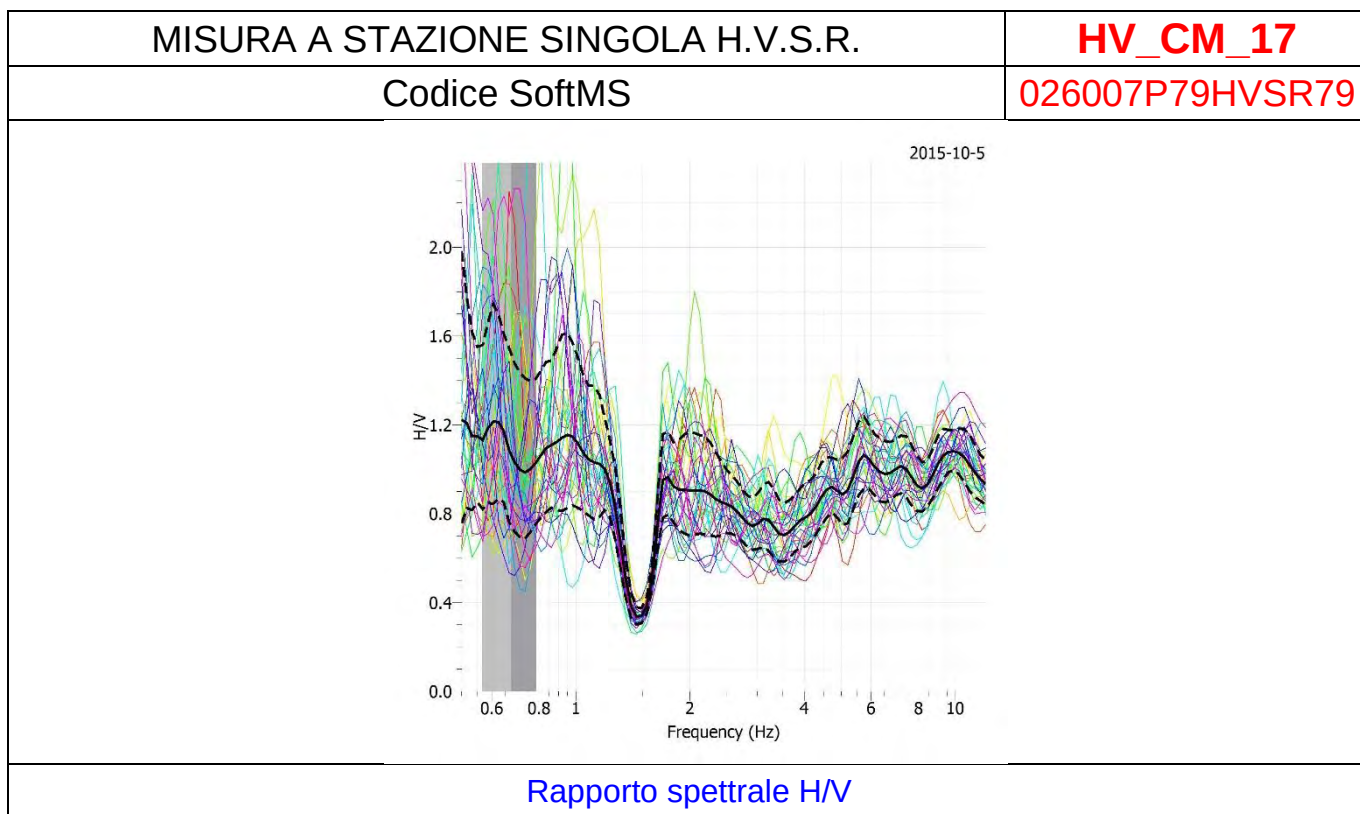
COMUNE	CAPPELLA MAGGIORE
CODICE STAZIONE	HV_CM_15
WGS 84 UTM 33 NORD	5094170,889
WGS 84 UTM 33 EST	296084,078
QUOTA PIANO CAMPAGNA	100 m s.l.m.
FREQUENZE DI RISONANZA NELL'INTERVALLO 0.1-12 Hz	-
AMPIEZZA DEL RAPPORTO SPETTRALE H/V NELL'INTERVALLO 0.1-12 Hz	-
ANNO E MESE DI MISURA	2015/10

FOTO**ESTRATTO C.T.R.**



DATI STAZIONE SINGOLA H.V.S.R.	
COMUNE	CAPPELLA MAGGIORE
CODICE STAZIONE	HV_CM_16
WGS 84 UTM 33 NORD	5094211,723
WGS 84 UTM 33 EST	296269,778
QUOTA PIANO CAMPAGNA	99 m s.l.m.
FREQUENZE DI RISONANZA NELL'INTERVALLO 0.1-12 Hz	2.82 – 5.47
AMPIEZZA DEL RAPPORTO SPETTRALE H/V NELL'INTERVALLO 0.1-12 Hz	1.02 – 1.03
ANNO E MESE DI MISURA	2015/10





DATI STAZIONE SINGOLA H.V.S.R.	
COMUNE	CAPPELLA MAGGIORE
CODICE STAZIONE	HV_CM_17
WGS 84 UTM 33 NORD	5094392,562
WGS 84 UTM 33 EST	296629,511
QUOTA PIANO CAMPAGNA	93 m s.l.m.
FREQUENZE DI RISONANZA NELL'INTERVALLO 0.1-12 Hz	-
AMPIEZZA DEL RAPPORTO SPETTRALE H/V NELL'INTERVALLO 0.1-12 Hz	-
ANNO E MESE DI MISURA	2015/10





PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



REGIONE VENETO



CONFERENZA DELLE REGIONI E
DELLE PROVINCE AUTONOME



Comune di Cappella Maggiore (TV)

<i>Regione</i> Veneto	<i>Provincia</i> Treviso	<i>Comune</i> Cappella Maggiore
--------------------------	-----------------------------	------------------------------------

Titolo

Studio di Microzonazione Sismica di Secondo Livello

Allegato 3 – Analisi Granulometriche

Committente Comune di Cappella Maggiore			
Dr. Geol. Paolo Sivieri – O.R.G.V. n. 169 Dr. Geol. Giovanni Rigatto – O.R.G.V. n. 839 Dr. Geol. Monica Petta – O.R.G.V. n. 843 			
Data 12 novembre 2015	Codice Commessa 15117	Rev. n. 00	Documento 15117_20151112_R00_00

ADASTRA ENGINEERING srl - sede legale: v. Xola, 41b 30020 Torre di Mosto (Ve) - sede operativa: v. Confin, 87b 30020 Torre di Mosto (Ve)
t. 0421-325683 fax 0421-326532 www.adastra.it info@adastra.it - c.f., p. iva, reg. impr. VE 04251560274 - n° rea cciaa VE 378954 – cap. soc. 10.000 €

AZIENDA CERTIFICATA CON SISTEMA DI QUALITÀ UNI EN ISO 9001/2008

*Laboratorio concessionato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
ad effettuare e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. 380/2001*

- D = analisi granulometrica per via umida con essiccamento del materiale, lavaggio, riessiccamento e successiva setacciatura meccanica.

I risultati delle prove eseguite sono riportati nei certificati allegati.

CERTIFICATI DI PROVA EMESSI

Identificativo campione/prova	Tipo di prova	n. certificato
CM-01	Classificazione geotecnica visiva	78118
	Granulometria per setacciatura (ASTM D422)	78119
CM-02	Classificazione geotecnica visiva	78120
	Granulometria per setacciatura (ASTM D422)	78121
CM-03	Classificazione geotecnica visiva	78122
	Granulometria per setacciatura (ASTM D422)	78123
CM-04	Classificazione geotecnica visiva	78124
	Granulometria per setacciatura (ASTM D422)	78125
CM-05	Classificazione geotecnica visiva	78126
	Granulometria per setacciatura (ASTM D422)	78127

Ponte San Nicolò, 02 Settembre 2015



Dott. Geol. Pietro Daminato

Direttore Laboratorio

GEODATA S.a.s. di P. Daminato & C.
Viale Benelux, 1/C
35020 Ponte San Nicolò (PD)
Tel. 049.8705575 - Fax 049.7628815
P. IVA 01370550285 - CCIAA 206643
Iscr. Tribunale Padova n. 28754

*Laboratorio concessionario dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
ad effettuare e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. 380/2001*

CERTIFICATO N° 78118

pag. 1/1

emesso il 02/09/15

Verbale di Accettazione n. 25815

data ricevimento campione 13/08/15

data prova 24/08/15

COMMITTENTE: ADAstra ENGINEERING S.r.l. - Torre di Mosto (VE)

CANTIERE: Cappella Maggiore (TV)

Sond./Prel.: 10/08/15

Camp.: CM-01

Prof.: - - -

CLASSIFICAZIONE GEOTECNICA CAMPIONE RIMANEGGIATO

Classificazione geotecnica: ghiaia con ciottoli frammista a limo argilloso marrone e rara sabbia

Pocket Pent.: ND kPa

Torvane: ND kPa

Classificazione UNI 11531-1: classe ND

lg ND

Classificazione USCS: ND

Prove eseguite: granulometria

Note: - - -

legenda: ND = NON DETERMINATO

normativa di riferimento: Raccomandazioni AGI
UNI 11531-1
USCSSperimentatore
Dott. L. StipaniglioDirettore Laboratorio
Dott. Pietro Daminato

*Laboratorio concessionario dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
ad effettuare e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. 380/2001*

CERTIFICATO N° **78119**

pag. 1/1

emesso il 02/09/15

Verbale di Accettazione n. 25815

data ricevimento campione 13/08/15

data prova 27/08/15

COMMITTENTE: ADASTRA ENGINEERING S.r.l. - Torre di Mosto (VE)

CANTIERE: Cappella Maggiore (TV)

Sond./Prel.: 10/08/15

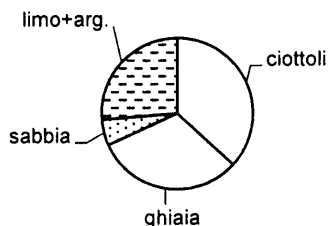
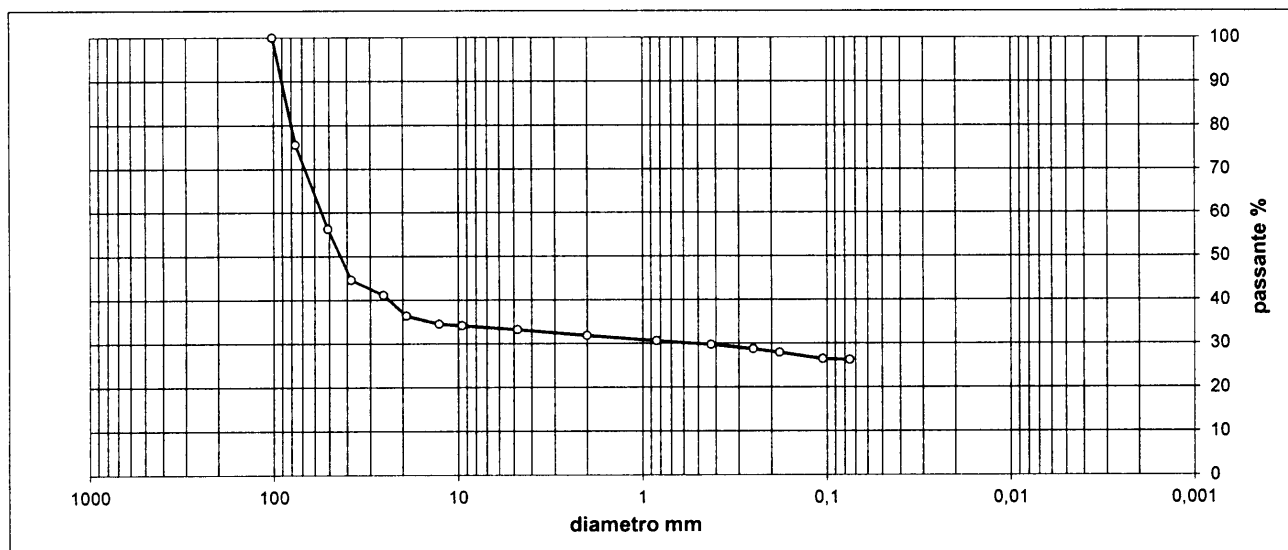
Camp.: CM-01

Prof.: - - -

ANALISI GRANULOMETRICA

setaccio	diametro mm	trattenuto %	passante %
4"	101,60	0,00	100,00
3"	76,20	24,43	75,57
2"	50,80	19,33	56,24
1" 1/2	38,10	11,68	44,56
1"	25,40	3,46	41,10
3/4"	19,10	4,69	36,41
1/2"	12,70	1,94	34,47
3/8"	9,52	0,34	34,13

setaccio	diametro mm	trattenuto %	passante %
No. 4	4,76	0,98	33,15
No. 10	2,00	1,38	31,78
No. 20	0,84	1,25	30,53
No. 40	0,43	0,85	29,68
No. 60	0,25	1,03	28,65
No. 80	0,18	0,74	27,91
No. 140	0,105	1,49	26,42
No. 200	0,075	0,18	26,24



ciottoli	ghiaia			sabbia			limo+argilla
	grossa	media	fine	grossa	media	fine	
> 60 mm	60 - 20 mm	20 - 6 mm	6 - 2 mm	2 - 0.6 mm	0.6 - 0.2 mm	0.2 - 0.075 mm	< 0.075 mm
36.76	26.16	3.68	1.63	1.74	1.92	1.88	26.24

classificazione geotecnica: ghiaia con ciottoli frammista a limo argilloso marrone e rara sabbia

UNI 11531-1 - - -

Ig - - -

USCS - - -

norma di riferimento: ASTM D 422

Sperimentatore
Perito A. Fiore

Direttore Laboratorio
Dott. Pietro Daminato

E' VIETATA LA RIPRODUZIONE PARZIALE DEL PRESENTE CERTIFICATO DI PROVA SENZA AUTORIZZAZIONE SCRITTA DELLA GEODATA s.a.s.

*Laboratorio concessionario dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
ad effettuare e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. 380/2001*

CERTIFICATO N° 78120

pag. 1/1

emesso il 02/09/15

Verbale di Accettazione n. 25815

data ricevimento campione 13/08/15

data prova 24/08/15

COMMITTENTE: ADASTRA ENGINEERING S.r.l. - Torre di Mosto (VE)

CANTIERE: Cappella Maggiore (TV)

Sond./Prel.: 10/08/15

Camp.: CM-02

Prof.: - - -

CLASSIFICAZIONE GEOTECNICA CAMPIONE RIMANEGGIATO

Classificazione geotecnica: limo argilloso marrone con rara sabbia e rari elementi di ghiaia
medio-fine - presenza di radici

Pocket Pent.: ND kPa

Torvane: ND kPa

Classificazione UNI 11531-1: classe ND

lg ND

Classificazione USCS: ND

Prove eseguite: granulometria

Note: - - -

legenda: ND = NON DETERMINATO

normativa di riferimento: Raccomandazioni AGI
UNI 11531-1
USCSSperimentatore
Dott. L. SantamiglioDirettore Laboratorio
Dott. Pietro Daminato

*Laboratorio concessionario dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
ad effettuare e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. 380/2001*

CERTIFICATO N° **78121**

pag. 1/1

emesso il 02/09/15

Verbale di Accettazione n. 25815

data ricevimento campione 13/08/15

data prova 27/08/15

COMMITTENTE: ADASTRA ENGINEERING S.r.l. - Torre di Mosto (VE)

CANTIERE: Cappella Maggiore (TV)

Sond./Prel.: 10/08/15

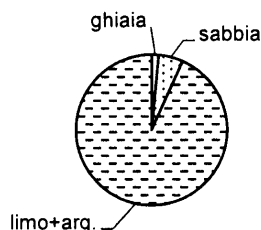
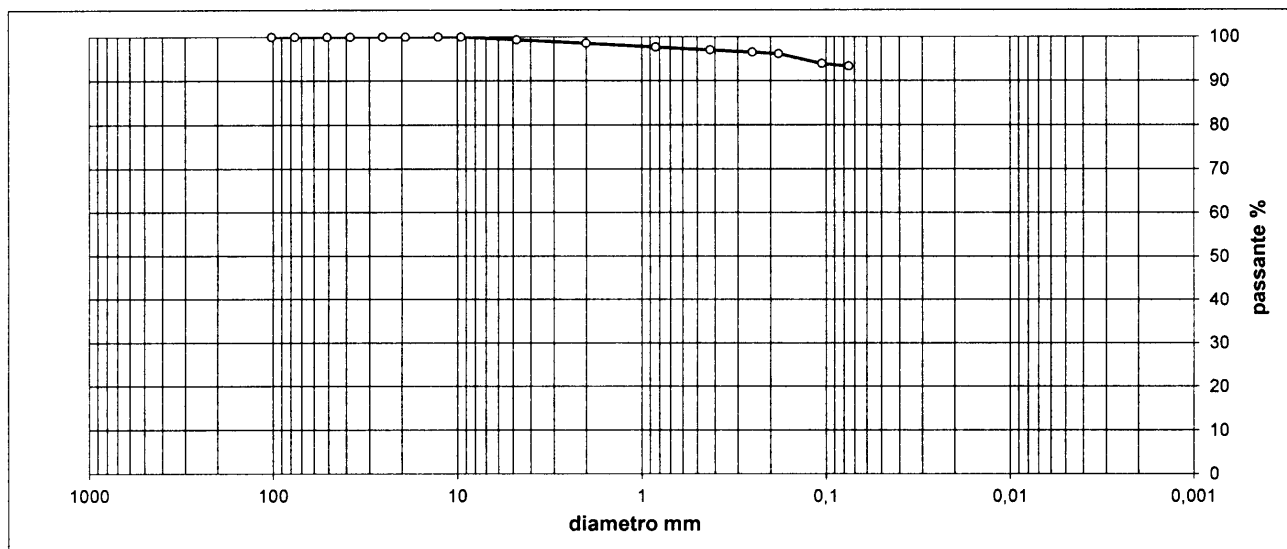
Camp.: CM-02

Prof.: - - -

ANALISI GRANULOMETRICA

setaccio	diametro mm	trattenuto %	passante %
4"	101,60	0,00	100,00
3"	76,20	0,00	100,00
2"	50,80	0,00	100,00
1" 1/2	38,10	0,00	100,00
1"	25,40	0,00	100,00
3/4"	19,10	0,00	100,00
1/2"	12,70	0,00	100,00
3/8"	9,52	0,00	100,00

setaccio	diametro mm	trattenuto %	passante %
No. 4	4,76	0,70	99,30
No. 10	2,00	0,78	98,52
No. 20	0,84	0,87	97,64
No. 40	0,43	0,64	97,00
No. 60	0,25	0,47	96,53
No. 80	0,18	0,41	96,12
No. 140	0,105	2,27	93,85
No. 200	0,075	0,59	93,27



ciottoli	ghiaia	ghiaia	ghiaia	sabbia	sabbia	sabbia	limo+argilla
	grossa	media	fine	grossa	media	fine	
> 60 mm	60 - 20 mm	20 - 6 mm	6 - 2 mm	2 - 0,6 mm	0,6 - 0,2 mm	0,2 - 0,075 mm	< 0,075 mm
0,00	0,00	0,52	0,96	1,25	1,03	2,97	93,27

classificazione geotecnica: limo argilloso marrone con rara sabbia e rari elementi di ghiaia
medio-fine - presenza di radici

UNI 11531-1

Ig

USCS

norma di riferimento: ASTM D 422

Sperimentatore
Piero A. Fiore

Direttore Laboratorio
Dott. Pietro Daminato

E' VIETATA LA RIPRODUZIONE PARZIALE DEL PRESENTE CERTIFICATO DI PROVA SENZA AUTORIZZAZIONE SCRITTA DELLA GEODATA s.a.s.

*Laboratorio concessionario dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
ad effettuare e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. 380/2001*

CERTIFICATO N° 78122

pag.

1/1

emesso il 02/09/15

Verbale di Accettazione n. 25815

data ricevimento campione 13/08/15

data prova 24/08/15

COMMITTENTE: ADASTRA ENGINEERING S.r.l. - Torre di Mosto (VE)

CANTIERE: Cappella Maggiore (TV)

Sond./Prel.: 10/08/15

Camp.: CM-03

Prof.: - - -

CLASSIFICAZIONE GEOTECNICA CAMPIONE RIMANEGGIATO

Classificazione geotecnica: ghiaia con ciottoli frammista a limo argilloso marrone e rara sabbia

Pocket Pent.: ND kPa

Torvane: ND kPa

Classificazione UNI 11531-1: classe ND

lg ND

Classificazione USCS: ND

Prove eseguite: granulometria

Note: - - -

legenda: ND = NON DETERMINATO

normativa di riferimento: Raccomandazioni AGI
UNI 11531-1
USCSSperimentatore
Dott. L. SmeraglioDirettore Laboratorio
Dott. Pietro Daminato

*Laboratorio concessionario dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
ad effettuare e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. 380/2001*

CERTIFICATO N° **78123**

pag. 1/1

emesso il 02/09/15

Verbale di Accettazione n. 25815

data ricevimento campione 13/08/15

data prova 27/08/15

COMMITTENTE: ADASTRA ENGINEERING S.r.l. - Torre di Mosto (VE)

CANTIERE: Cappella Maggiore (TV)

Sond./Prel.: 10/08/15

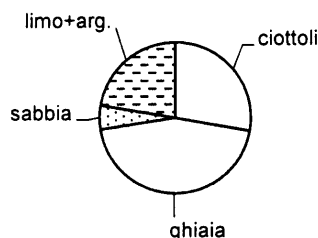
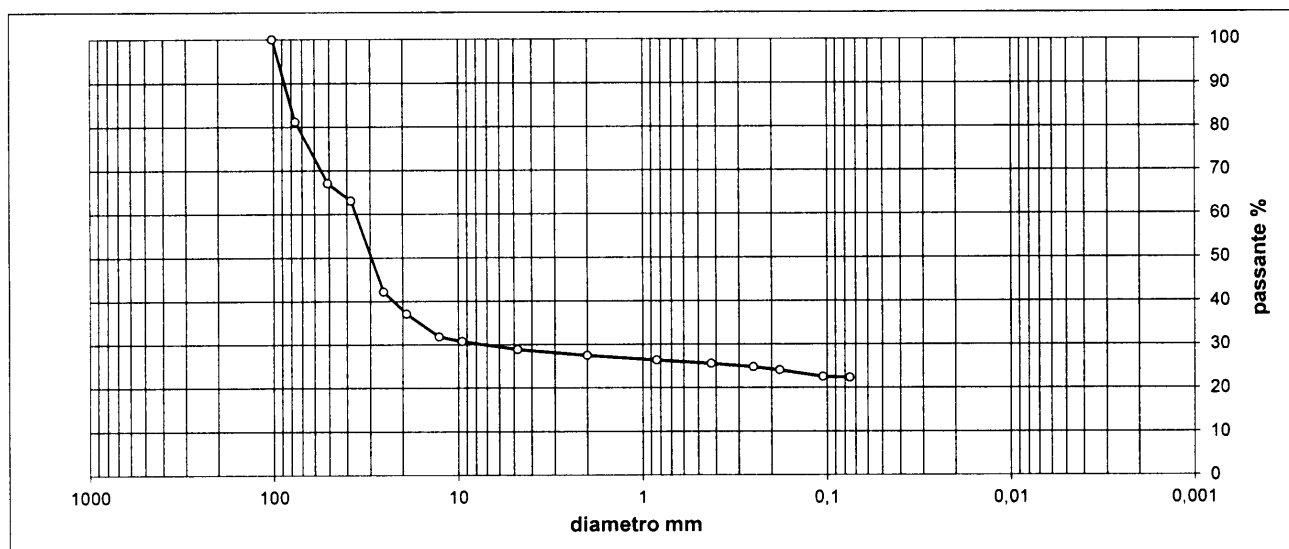
Camp.: CM-03

Prof.: - - -

ANALISI GRANULOMETRICA

setaccio	diametro mm	trattenuto %	passante %
4"	101,60	0,00	100,00
3"	76,20	18,83	81,17
2"	50,80	14,13	67,05
1" 1/2	38,10	3,98	63,06
1"	25,40	20,90	42,17
3/4"	19,10	5,06	37,11
1/2"	12,70	5,30	31,81
3/8"	9,52	1,12	30,68

setaccio	diametro mm	trattenuto %	passante %
No. 4	4,76	1,84	28,85
No. 10	2,00	1,43	27,42
No. 20	0,84	1,04	26,38
No. 40	0,43	0,80	25,58
No. 60	0,25	0,81	24,77
No. 80	0,18	0,78	24,00
No. 140	0,105	1,48	22,51
No. 200	0,075	0,21	22,31



ciottoli	ghiaia			sabbia			limo+argilla
	grossa	media	fine	grossa	media	fine	
> 60 mm	60 - 20 mm	20 - 6 mm	6 - 2 mm	2 - 0.6 mm	0.6 - 0.2 mm	0.2 - 0.075 mm	< 0.075 mm
27,84	34,34	8,50	1,91	1,50	1,70	1,91	22,31

classificazione geotecnica: ghiaia con ciottoli frammista a limo argilloso marrone e rara sabbia

UNI 11531-1 ---

Ig ---

USCS ---

norma di riferimento: ASTM D 422

Sperimentatore
Piero A. Fiore

Direttore Laboratorio
Dott. Pietro Daminato

E' VIETATA LA RIPRODUZIONE PARZIALE DEL PRESENTE CERTIFICATO DI PROVA SENZA AUTORIZZAZIONE SCRITTA DELLA GEODATA s.a.s.

*Laboratorio concessionario dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
ad effettuare e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. 380/2001*

CERTIFICATO N° 78124

pag. 1/1

emesso il 02/09/15

Verbale di Accettazione n. 25815

data ricevimento campione 13/08/15

data prova 24/08/15

COMMITTENTE: ADASTRA ENGINEERING S.r.l. - Torre di Mosto (VE)

CANTIERE: Cappella Maggiore (TV)

Sond./Prel.: 10/08/15

Camp.: CM-04

Prof.: - - -

CLASSIFICAZIONE GEOTECNICA CAMPIONE RIMANEGGIATO

Classificazione geotecnica: ghiaia con ciottoli e con limo argilloso marrone e rara sabbia

Pocket Pent.: ND kPa

Torvane: ND kPa

Classificazione UNI 11531-1: classe ND

lg ND

Classificazione USCS: ND

Prove eseguite: granulometria

Note: - - -

legenda: ND = NON DETERMINATO

normativa di riferimento: Raccomandazioni AGI
UNI 11531-1
USCSSperimentatore
Dott. L. SinigagliaDirettore Laboratorio
Dott. Pietro Daminato

*Laboratorio concessionario dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
ad effettuare e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. 380/2001*

CERTIFICATO N° **78125**

pag. 1/1

emesso il 02/09/15

Verbale di Accettazione n. 25815

data ricevimento campione 13/08/15

data prova 27/08/15

COMMITTENTE: ADASTRA ENGINEERING S.r.l. - Torre di Mosto (VE)

CANTIERE: Cappella Maggiore (TV)

Sond./Prel.: 10/08/15

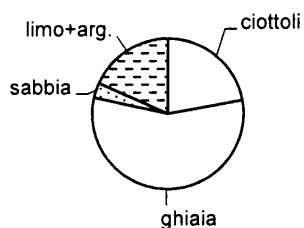
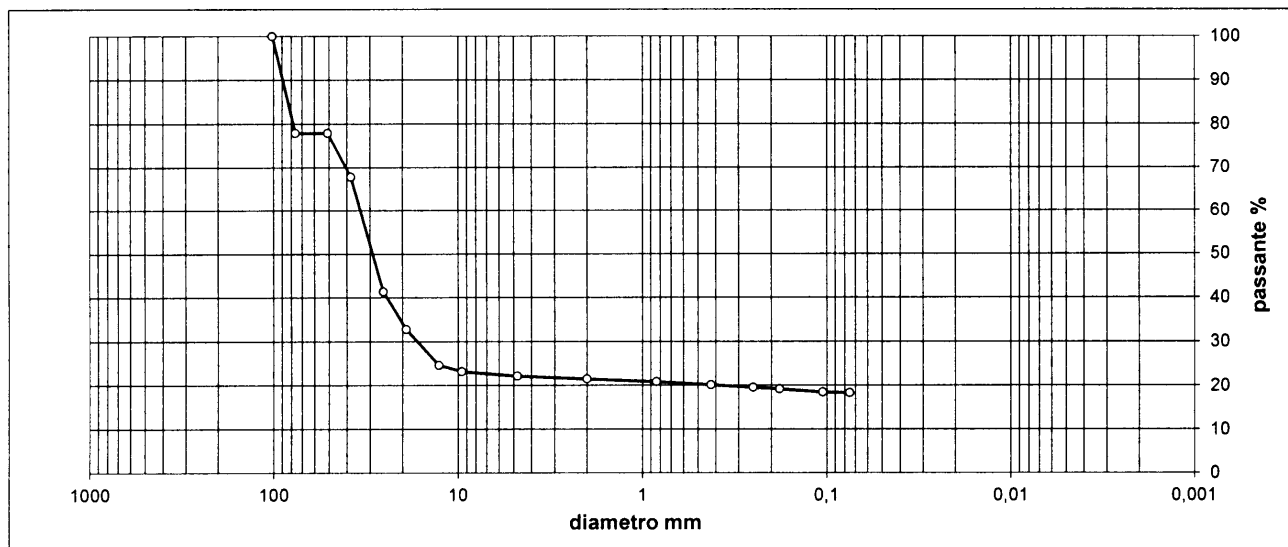
Camp.: CM-04

Prof.: - - -

ANALISI GRANULOMETRICA

setaccio	diametro mm	trattenuto %	passante %
4"	101,60	0,00	100,00
3"	76,20	22,12	77,88
2"	50,80	0,00	77,88
1" 1/2	38,10	10,08	67,80
1"	25,40	26,44	41,35
3/4"	19,10	8,58	32,77
1/2"	12,70	8,18	24,59
3/8"	9,52	1,43	23,16

setaccio	diametro mm	trattenuto %	passante %
No. 4	4,76	1,06	22,11
No. 10	2,00	0,61	21,49
No. 20	0,84	0,64	20,85
No. 40	0,43	0,74	20,11
No. 60	0,25	0,61	19,50
No. 80	0,18	0,36	19,14
No. 140	0,105	0,72	18,42
No. 200	0,075	0,14	18,28



ciottoli	ghiaia	ghiaia	ghiaia	sabbia	sabbia	sabbia	limo+argilla
	grossa	media	fine	grossa	media	fine	
> 60 mm	60 - 20 mm	20 - 6 mm	6 - 2 mm	2 - 0,6 mm	0,6 - 0,2 mm	0,2 - 0,075 mm	< 0,075 mm
22,12	43,88	11,62	0,89	1,07	1,18	0,96	18,28

classificazione geotecnica: ghiaia con ciottoli e con limo argilloso marrone e rara sabbia

UNI 11531-1 ---

Ig ---

USCS ---

norma di riferimento: ASTM D 422

Sperimentatore
Piero A. Fiore

Direttore Laboratorio
Dott. Pietro Daminato

*Laboratorio concessionario dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
ad effettuare e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. 380/2001*

CERTIFICATO N° 78126

pag. 1/1

emesso il 02/09/15

Verbale di Accettazione n. 25815

data ricevimento campione 13/08/15

data prova 24/08/15

COMMITTENTE: ADAstra ENGINEERING S.r.l. - Torre di Mosto (VE)

CANTIERE: Cappella Maggiore (TV)

Sond./Prel.: 10/08/15

Camp.: CM-05

Prof.: - - -

CLASSIFICAZIONE GEOTECNICA CAMPIONE RIMANEGGIATO

Classificazione geotecnica: ghiaia con ciottoli frammista a limo argilloso marrone e rara sabbia

Pocket Pent.: ND kPa

Torvane: ND kPa

Classificazione UNI 11531-1: classe ND

lg ND

Classificazione USCS: ND

Prove eseguite: granulometria

Note: - - -

legenda: ND = NON DETERMINATO

normativa di riferimento: Raccomandazioni AGI
UNI 11531-1
USCSSperimentatore
Dott. L. StimamiglioDirettore Laboratorio
Dott. Pietro Daminato

*Laboratorio concessionario dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
ad effettuare e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. 380/2001*

CERTIFICATO N° **78127**

pag. 1/1

emesso il 02/09/15

Verbale di Accettazione n. 25815

data ricevimento campione 13/08/15

data prova 27/08/15

COMMITTENTE: ADASTRA ENGINEERING S.r.l. - Torre di Mosto (VE)

CANTIERE: Cappella Maggiore (TV)

Sond./Prel.: 10/08/15

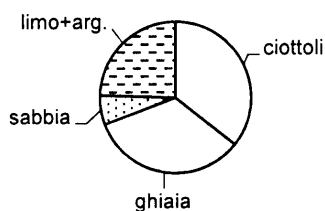
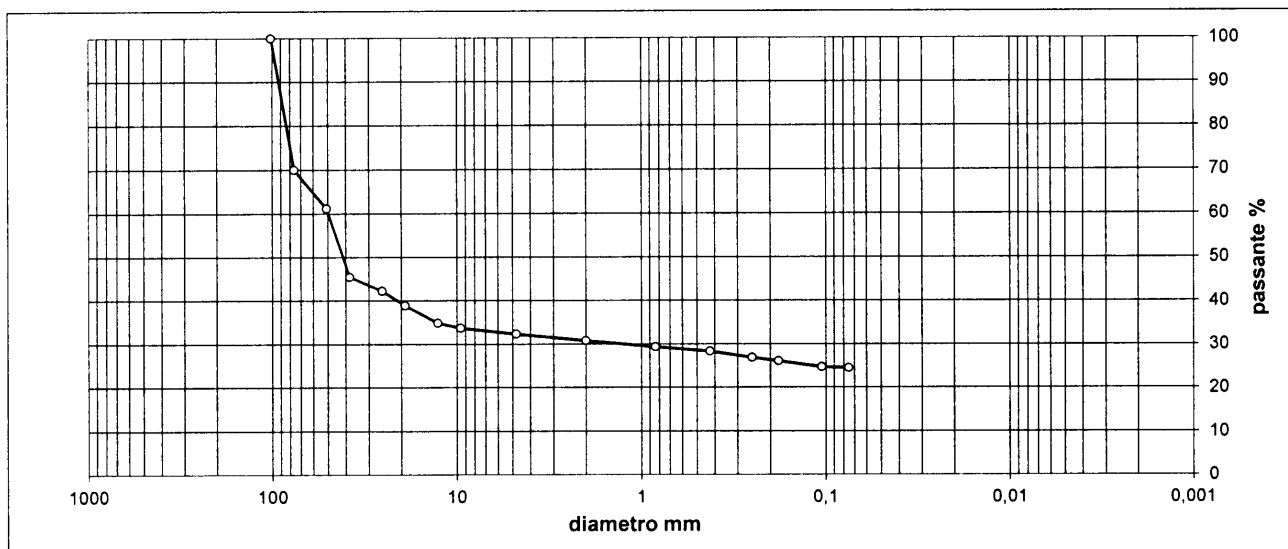
Camp.: CM-05

Prof.: ---

ANALISI GRANULOMETRICA

setaccio	diametro mm	trattenuto %	passante %
4"	101,60	0,00	100,00
3"	76,20	30,05	69,95
2"	50,80	8,80	61,14
1" 1/2	38,10	15,74	45,40
1"	25,40	3,20	42,20
3/4"	19,10	3,31	38,89
1/2"	12,70	4,06	34,83
3/8"	9,52	1,11	33,72

setaccio	diametro mm	trattenuto %	passante %
No. 4	4,76	1,43	32,29
No. 10	2,00	1,52	30,77
No. 20	0,84	1,46	29,30
No. 40	0,43	0,98	28,32
No. 60	0,25	1,44	26,88
No. 80	0,18	0,79	26,09
No. 140	0,105	1,45	24,64
No. 200	0,075	0,20	24,45



ciottoli	ghiaia			sabbia			limo+argilla
	grossa	media	fine	grossa	media	fine	
> 60 mm	60 - 20 mm	20 - 6 mm	6 - 2 mm	2 - 0.6 mm	0.6 - 0.2 mm	0.2 - 0.075 mm	< 0.075 mm
35,67	24,97	6,70	1,89	2,03	2,41	1,87	24,45

classificazione geotecnica: ghiaia con ciottoli frammista a limo argilloso marrone e rara sabbia

UNI 11531-1 ---

Ig ---

USCS ---

norma di riferimento: ASTM D 422

Sperimentatore
Perito A. Fiore

Direttore Laboratorio
Dott. Pietro Daminato

E' VIETATA LA RIPRODUZIONE PARZIALE DEL PRESENTE CERTIFICATO DI PROVA SENZA AUTORIZZAZIONE SCRITTA DELLA GEODATA s.a.s.