

COMUNE DI CANNARA PROVINCIA DI PERUGIA

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DI 2° LIVELLO COME DA “INDIRIZZI E CRITERI GENERALI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA (ICMS)” INERENTE UN PIANO ATTUATIVO DI INIZIATIVA PRIVATA COMPARTO 1 ZONA C2 - COLLEMANCIO -

RELAZIONE GEOLOGICA

Dott. Geol. Mario CERQUEGLINI



Collaborazione professionale: Dott. Geol. Giorgio Leoni

Proprietà: C.E. Eletronic S.R.L. – CLASS S.R.L.

Dati catastali: foglio n°17 - particelle n°83-84

Bevagna, Settembre 2020

Dott. Geol. Mario CERQUEGLINI
Geologia tecnica ed ambientale – Idrogeologia
Via delle Mura Guelfe, 9 - 06031 Bevagna (PG)
tel. 0742 360214 - cell. 3893440030
c.f. CRQ MRA 69L07 D653T - P.IVA 02517180549
e.mail : mariocerque@libero.it

1. PREMESSA

Su incarico e per conto di C.E. Eletronic S.R.L. – CLASS S.R.L., è stata eseguita un'indagine geologica riguardante un'area nella quale è previsto un piano attuativo di iniziativa privata, ai sensi delle NTC18 e secondo i criteri generali di microzonazione sismica di 2° livello.

La zona in oggetto ricade alla periferia dell'abitato di Collemancio ed è individuabile topograficamente nella Tavoletta Collemancio IV N.O. del Foglio n°131 della Carta d'Italia.

Catastalmente l'area in studio risulta censita con le particelle n°83-84 del Foglio n°17 del Comune di Cannara.

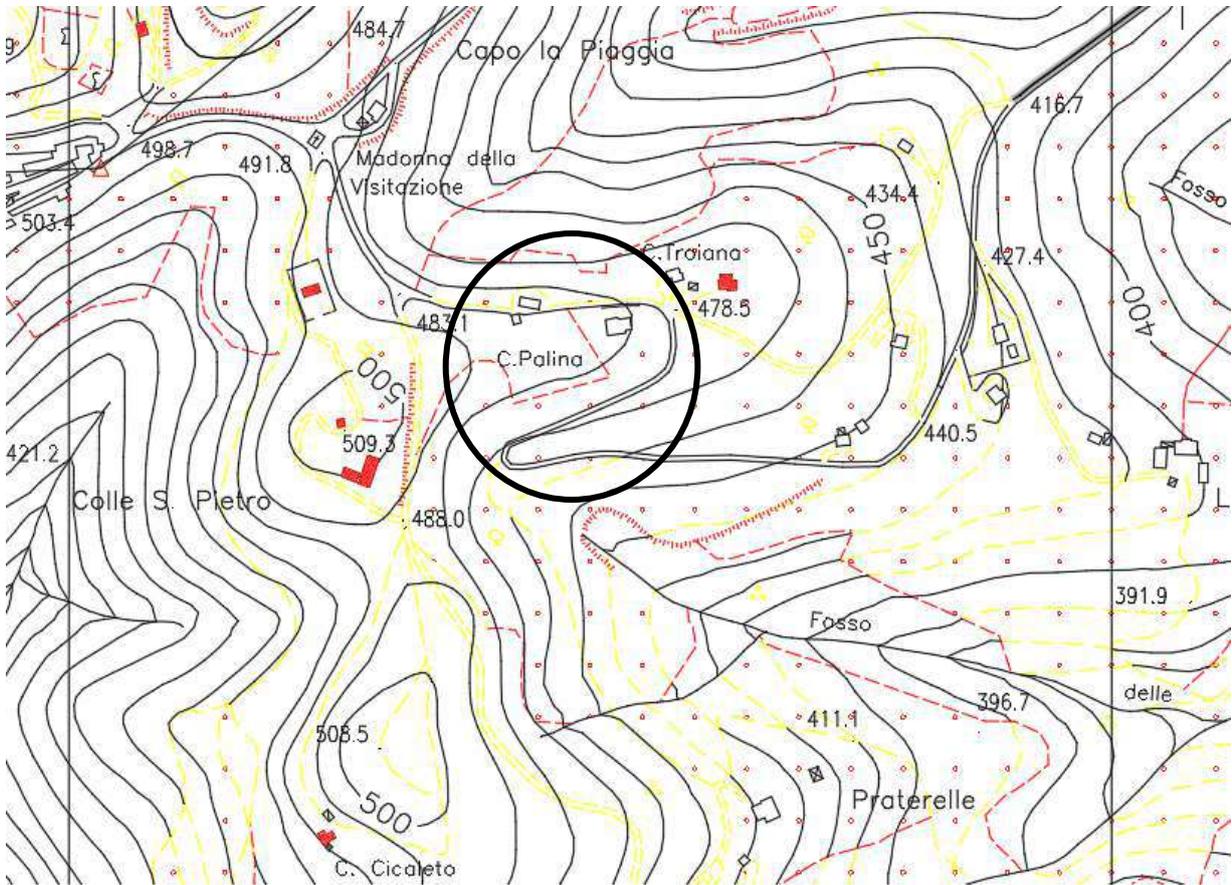
Nel sito sono state eseguite le indagini di seguito elencate:

- n.3 sondaggi geognostici S1-S2-S3 con sonda a rotazione GEAXD5,
- n.2 sismiche a rifrazione superficiale MASW1 – MASW2 con sismografo Ambrogeo,
- n.4 stazioni HVSR1 – HVSR2 con sismografo GEOBOX - SARA.

In precedenza nell'area furono eseguiti n.7 scavi con escavatore meccanico tesi a valutare la profondità del substrato litoide.

Nella trattazione che segue, il simbolo (§) fa riferimento a specifici paragrafi delle NTC18.

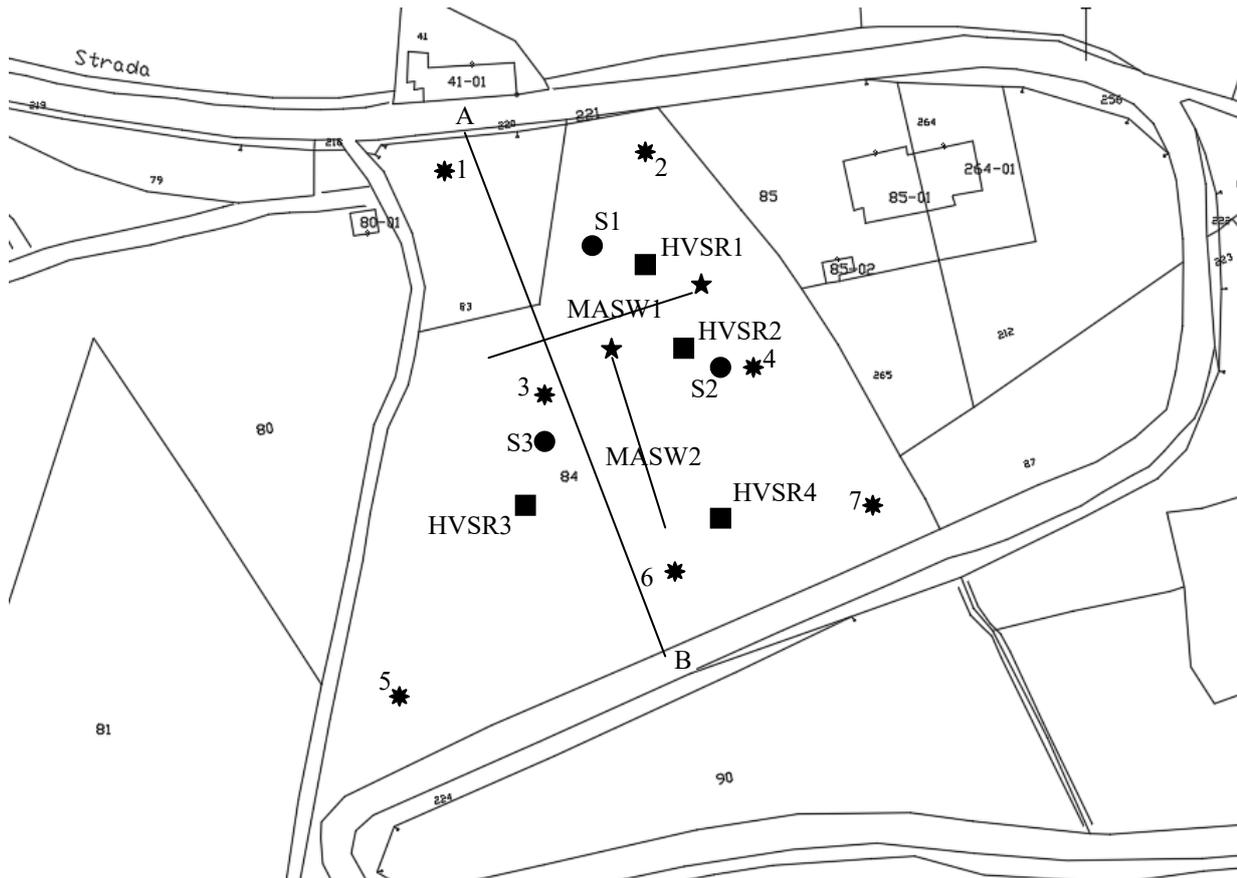
Stralcio CTR 323030 Collemancio



Comune di Cannara

Stralcio foglio catastale n°17

Particelle n°83-84



Ubicazione:

- sondaggi geognostici S1-S2-S3
- ★ sismiche a rifrazione superficiale di tipo MASW1 – MASW2
- stazioni HVS1 – HVS2 – HVS3 – HVS4
- * saggi (n.7) con escavatore meccanico
- / Sezione A-B per verifica di stabilità

Vista satellitare



PIANO DI INIZIATIVA PRIVATA



2. STUDIO GEOLOGICO

2.1. Finalità e metodologia di studio

Lo studio dell'area in esame ha preso in considerazione in prima analisi, l'osservazione morfologica del sito e la valutazione di eventuali criticità dovute all'antropizzazione operata.

2.2. Contesto geologico di riferimento (§C 6.2.1)

La caratterizzazione e la modellazione geologica è consistita nella ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, idrogeologici e geomorfologici del sito.

2.2.1. Geologia di area vasta

La lottizzazione è posta geologicamente all'interno dei depositi miocenici della formazione della Marnoso-Arenacea, caratterizzata da sedimenti marnoco-calcarenitici; essa è sita in un contesto collinare, con inclinazione generale di circa 7°, ad una quota altimetrica variabile tra 470 m e 480 m s.l.m.

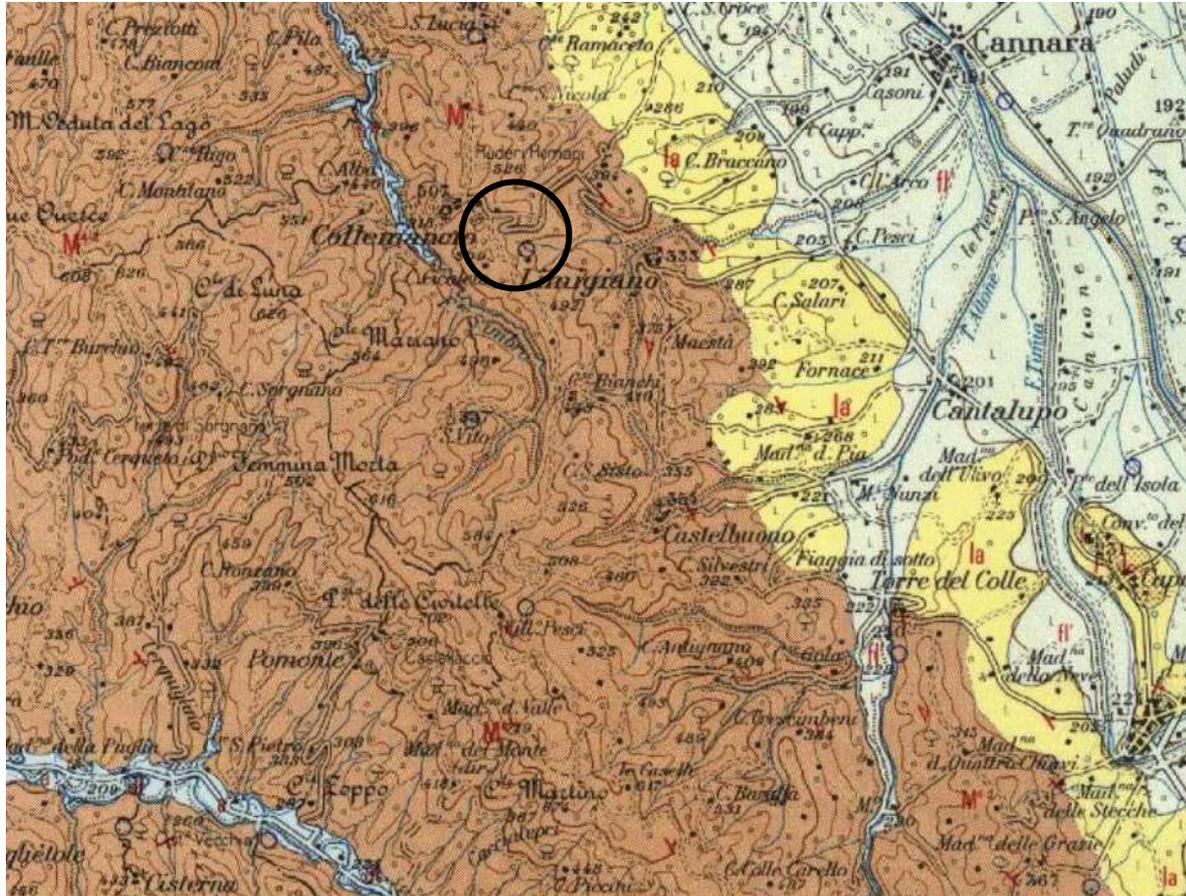
I depositi locali hanno una potenza superiore a 100 m.

2.2.2. Geomorfologia di area vasta

Sotto l'aspetto morfologico, la zona presa in considerazione non presenta evidenze di fenomeni erosivi.

Nell'area studiata non vi è la presenza di una falda idrica fino alla profondità di circa 40 m dal p.c.

CARTA GEOLOGICA DI VASTA AREA



FORMAZIONE DELLA MARNOSO - ARENACEA. Altezze argillose e argillose-arenacee con netta prevalenza verso l'alto di livelli arenacei, che passano a vere e proprie molasse; nella parte media eteropia con una potente bancata di arenarie grossolane (Le Ripe Nere) nella parte basale predominano livelli argillosi e marnoso-argillosi che passano gradualmente al "bisciaro". Rare intercalazioni di calcari bianchi saccaroidi (Foligno). Microfaune e: *Globorotalia menardii* (D'ORB.), *Bolivinooides miocenicus* GIAN., *Bolivina arta* MACFAD., Tortoniano; *Globoquadrina altispira* (CUSH. e JARV.), *Globorotalia foshi foshi* CUSH. e ELL., Elveziano; *Globoquadrina langhiana* CITA. e GEL., *Globorotalia mayeri* CUSH. e ELL., *Pleurostomella rapa recens* DERV., Langhiano. **TORTONIANO - LANGHIANO p.p.**

2.2.3. Dati sulla franosità storica dell'area

In generale, non si evidenziano particolari processi morfogenetici in atto, come risulta anche dalla consultazione della cartografia IFFI, PAI e regionale.

I dati bibliografici per il sito in esame non riportano situazioni di rischio dovuti a dissesto gravitativo.

A completamento di quanto sopra, è stata eseguita una verifica di stabilità lungo la linea di massima pendenza che viene riportata di seguito.

2.2.4. Idrogeologia di area vasta

Nell'area studiata, i sedimenti più permeabili ricaricano una falda posta a profondità superiore a 40 m dal p.c., come misurato in un pozzo vicino al sito in esame.

2.2.5. Geomorfologia, idrologia ed idrogeologia di area ristretta (§ 6.2.1; § 7.11)

La sequenza stratigrafica della zona in esame è rappresentata dall'alto verso il basso da:

- terreno agrario;
- sedimenti eluviali,
- depositi arenacei e calcarenirici con disposizione a reggipoggio con valori di immersione/inclinazione pari a 290/10 N.

RELAZIONE DI CALCOLO – VERIFICA DI STABILITA' (SEZ. A-B)

Definizione

Per pendio s'intende una porzione di versante naturale il cui profilo originario è stato modificato da interventi artificiali rilevanti rispetto alla stabilità. Per frana s'intende una situazione di instabilità che interessa versanti naturali e coinvolgono volumi considerevoli di terreno.

Introduzione all'analisi di stabilità

La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi. Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, che possono essere ricondotti a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate.

Nella maggior parte dei casi ci si trova a dover trattare un materiale che se saturo è per lo meno bifase, ciò rende la trattazione delle equazioni di equilibrio notevolmente complicata. Inoltre è praticamente impossibile definire una legge costitutiva di validità generale, in quanto i terreni presentano un comportamento non-lineare già a piccole deformazioni, sono anisotropi ed inoltre il loro comportamento dipende non solo dallo sforzo deviatorico ma anche da quello normale. A causa delle suddette difficoltà vengono introdotte delle ipotesi semplificative:

(a) Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione (c) e angolo di resistenza al taglio (φ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.

(b) In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

Metodo equilibrio limite (LEM)

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio (τ) e confrontate con la resistenza disponibile (τ_f), valutata secondo il criterio di rottura di *Coulomb*, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza $F = \tau_f / \tau$.

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (*Culman*), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (*Fellenius, Bishop, Janbu ecc.*).

Di seguito vengono discussi i metodi dell'equilibrio limite dei conci.

Metodo dei conci

La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di conci. Se il numero dei conci è pari a n , il problema presenta le seguenti incognite:

n valori delle forze normali N_i agenti sulla base di ciascun concio;

n valori delle forze di taglio alla base del concio T_i

$(n-1)$ forze normali E_i agenti sull'interfaccia dei conci;

$(n-1)$ forze tangenziali X_i agenti sull'interfaccia dei conci;

n valori della coordinata a che individua il punto di applicazione delle E_i ;

$(n-1)$ valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle X_i ;

una incognita costituita dal fattore di sicurezza F .

Complessivamente le incognite sono $(6n-2)$.

mentre le equazioni a disposizione sono:

Equazioni di equilibrio dei momenti n

Equazioni di equilibrio alla traslazione verticale n

Equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale n

Equazioni relative al criterio di rottura n

Totale numero di equazioni $4n$

Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a

$$i = (6n-2)-(4n) = 2n-2.$$

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a $(n-2)$ in quando si fa l'assunzione che N_j sia applicato nel punto medio della striscia, ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.

I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le $(n-2)$ indeterminazioni.

Metodo di JANBU (1967)

Janbu estese il metodo di Bishop a superfici di scorrimento di forma qualsiasi.

Quando vengono trattate superfici di scorrimento di forma qualsiasi il braccio delle forze cambia

(nel caso delle superfici circolari resta costante e pari al raggio) a tal motivo risulta più conveniente

valutare l'equazione del momento rispetto allo spigolo di ogni blocco.

$$F = \frac{\sum \{c_i \times b + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i\} \times \frac{\sec^2 \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i / F}}{\sum W_i \times \tan \alpha_i}$$

Assumendo $\Delta X_i = 0$ si ottiene il metodo ordinario.

Janbu propose inoltre un metodo per la correzione del fattore di sicurezza ottenuto con il metodo ordinario secondo la seguente:

$$F_{\text{corretto}} = f_o F$$

dove f_o è riportato in grafici funzione di geometria e parametri geotecnici.

Tale correzione è molto attendibile per pendii poco inclinati.

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Nelle verifiche agli Stati Limite Ultimi la stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene eseguita con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica, nelle verifiche agli stati limite ultimi, vengono considerate le seguenti forze statiche equivalenti:

$$F_H = K_o \cdot W$$

$$F_V = K_v \cdot W$$

Essendo:

F_H e F_V rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;

W: peso concio

K_o : Coefficiente sismico orizzontale

K_v : Coefficiente sismico verticale.

Calcolo coefficienti sismici

Le NTC 2018 calcolano i coefficienti K_o e K_v in dipendenza di vari fattori:

$$K_o = \beta_s \times (a_{\max}/g)$$

$$K_v = \pm 0,5 \times K_o$$

Con

β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{\max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{\max} = S_S S_T a_g$$

S_S (effetto di amplificazione stratigrafica): $0.90 \leq S_S \leq 1.80$; è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).
 S_T (effetto di amplificazione topografica).

Il valore di S_T varia con il variare delle quattro categorie topografiche introdotte:

$$T1(S_T = 1.0) \quad T2(S_T = 1.20) \quad T3(S_T = 1.20) \quad T4(S_T = 1.40).$$

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = -V_R / \ln(1 - PVR)$$

Con V_R vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso V_R dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.

Ricerca della superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici. Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia $m \times n$ e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1956)

Lat./Long.	42,979816/12,528376
Normativa	NTC 2018
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-5,4 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	49,89 m
Ascissa vertice destro superiore xs	37,26 m
Ordinata vertice destro superiore ys	86,3 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,64	2,46	0,27
S.L.D.	50,0	0,8	2,43	0,28
S.L.V.	475,0	1,97	2,42	0,31
S.L.C.	975,0	2,49	2,45	0,32

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,768	0,2	0,0157	0,0078
S.L.D.	0,96	0,2	0,0196	0,0098
S.L.V.	2,364	0,28	0,0675	0,0338
S.L.C.	2,8664	0,28	0,0818	0,0409

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,068

Coefficiente azione sismica verticale 0,034

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	0,0
2	0,0	10,0
3	7,0	12,0
4	24,0	15,0
5	49,0	18,0
6	64,0	19,0
7	100,0	21,0

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	0,0	9,0
3	9,0	11,0
4	24,0	14,0
5	49,0	17,0
6	64,0	18,0
7	100,0	20,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm ²)	cu (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia	
1	0	1.0	32	1850	2000	0,00	Eluvium	
2	0.5	4	30	2100	2300	0,00	Marnoso-Arenacea	

Risultati analisi pendio [NTC 2018: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	2,01
Ascissa centro superficie	-5,4 m
Ordinata centro superficie	53,54 m
Raggio superficie	44,18 m

(ID=2) xc = -3,271 yc = 51,715 Rc = 42,161 Fs=2,115

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1,39	5,5	1,39	1164,19	79,16	39,58	0,0	32,0	0,0	1134,5	367,1
2	1,39	7,4	1,4	1789,46	121,68	60,84	0,0	32,0	0,0	1732,2	562,7
3	1,39	9,3	1,41	2294,38	156,02	78,01	0,0	32,0	0,0	2208,6	720,9
4	1,39	11,2	1,42	2677,16	182,05	91,02	0,0	32,0	0,0	2565,6	842,5
5	1,4	13,1	1,44	2959,09	201,22	100,61	0,0	32,0	0,0	2826,2	934,8
6	1,38	15,1	1,43	2848,02	193,67	96,83	0,0	32,0	0,0	2714,0	905,4
7	1,39	17,0	1,45	2475,68	168,35	84,17	0,0	32,0	0,0	2356,7	794,0
8	1,39	19,0	1,47	1945,49	132,29	66,15	0,0	32,0	0,0	1852,2	631,1
9	1,39	21,0	1,49	1276,35	86,79	43,4	0,0	32,0	0,0	1216,7	419,9
10	1,39	23,1	1,51	462,84	31,47	15,74	0,0	32,0	0,0	442,4	154,9

(ID=22) xc = -5,404 yc = 53,536 Rc = 44,18 Fs=2,006

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1,18	7,9	1,19	868,43	59,05	29,53	0,0	32,0	0,0	837,4	287,1
2	1,18	9,4	1,19	1216,96	82,75	41,38	0,0	32,0	0,0	1167,8	402,1
3	1,18	11,0	1,2	1494,36	101,62	50,81	0,0	32,0	0,0	1428,2	494,1
4	1,18	12,5	1,21	1699,59	115,57	57,79	0,0	32,0	0,0	1618,9	563,2
5	1,18	14,1	1,21	1831,42	124,54	62,27	0,0	32,0	0,0	1739,9	609,3
6	1,07	15,6	1,11	1709,91	116,27	58,14	0,0	32,0	0,0	1621,6	571,8
7	1,29	17,2	1,35	1876,81	127,62	63,81	0,0	32,0	0,0	1777,8	632,0
8	1,18	18,9	1,24	1316,19	89,5	44,75	0,0	32,0	0,0	1246,3	447,3
9	1,18	20,5	1,26	852,37	57,96	28,98	0,0	32,0	0,0	807,5	292,8
10	1,18	22,1	1,27	305,48	20,77	10,39	0,0	32,0	0,0	289,7	106,2

(ID=23) xc = -3,271 yc = 55,356 Rc = 45,071 Fs=2,171

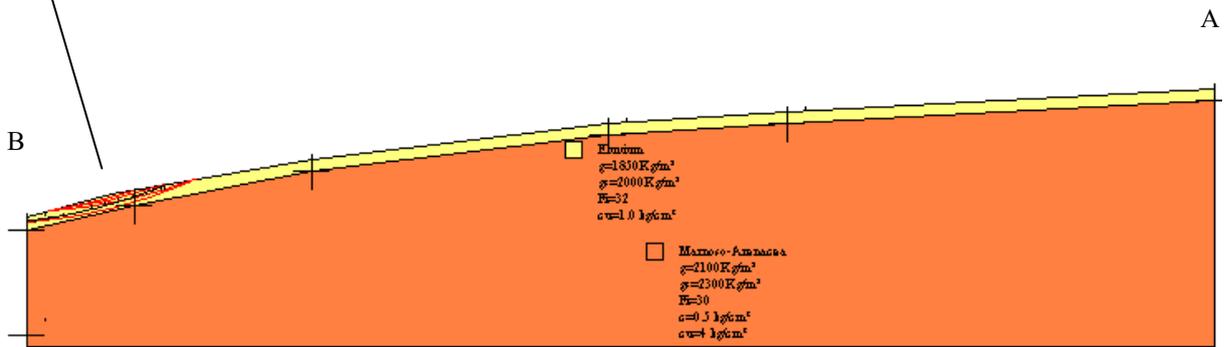
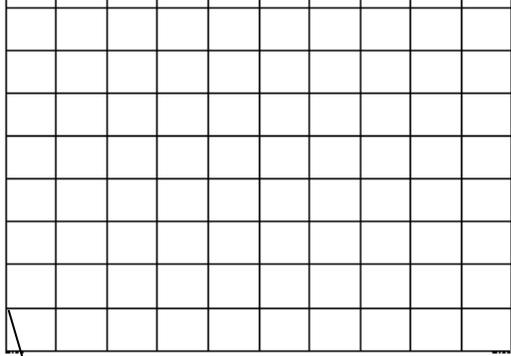
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0,94	7,6	0,95	131,72	8,96	4,48	0,0	32,0	0,0	127,6	40,4
2	0,94	8,8	0,95	368,66	25,07	12,53	0,0	32,0	0,0	355,8	113,0
3	0,94	10,0	0,96	569,97	38,76	19,38	0,0	32,0	0,0	548,4	174,8
4	0,94	11,2	0,96	735,3	50,0	25,0	0,0	32,0	0,0	705,7	225,8
5	1,04	12,5	1,06	955,59	64,98	32,49	0,0	32,0	0,0	915,1	294,2
6	0,85	13,7	0,87	790,59	53,76	26,88	0,0	32,0	0,0	755,9	244,3
7	0,94	14,9	0,98	754,34	51,3	25,65	0,0	32,0	0,0	720,4	234,0
8	0,94	16,1	0,98	587,8	39,97	19,99	0,0	32,0	0,0	561,0	183,3
9	0,94	17,4	0,99	382,46	26,01	13,0	0,0	32,0	0,0	364,9	120,0
10	0,94	18,7	0,99	137,55	9,35	4,68	0,0	32,0	0,0	131,3	43,5

(ID=24) xc = -1,138 yc = 53,536 Rc = 43,119 Fs=2,29

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1,25	4,8	1,26	304,96	20,74	10,37	0,0	32,0	0,0	298,5	89,2
2	1,25	6,5	1,26	851,17	57,88	28,94	0,0	32,0	0,0	828,6	248,2
3	1,25	8,2	1,26	1311,8	89,2	44,6	0,0	32,0	0,0	1271,0	382,1
4	1,39	9,9	1,41	1892,58	128,7	64,35	0,0	32,0	0,0	1826,2	551,8
5	1,11	11,6	1,14	1638,42	111,41	55,71	0,0	32,0	0,0	1576,2	479,0
6	1,25	13,2	1,28	1721,84	117,09	58,54	0,0	32,0	0,0	1653,1	505,4
7	1,25	15,0	1,29	1505,86	102,4	51,2	0,0	32,0	0,0	1443,9	444,8
8	1,25	16,7	1,31	1196,78	81,38	40,69	0,0	32,0	0,0	1147,1	356,4
9	1,25	18,4	1,32	792,19	53,87	26,93	0,0	32,0	0,0	759,7	238,3
10	1,25	20,2	1,33	289,3	19,67	9,84	0,0	32,0	0,0	277,8	88,1

(ID=43) xc = -5,404 yc = 57,176 Rc = 47,083 Fs=2,021

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0,6	10,7	0,61	34,36	2,34	1,17	0,0	32,0	0,0	32,9	11,3
2	0,6	11,4	0,61	96,33	6,55	3,28	0,0	32,0	0,0	92,0	31,6
3	0,6	12,2	0,61	149,25	10,15	5,07	0,0	32,0	0,0	142,3	49,1
4	0,6	12,9	0,62	193,05	13,13	6,56	0,0	32,0	0,0	183,8	63,6
5	0,6	13,7	0,62	227,64	15,48	7,74	0,0	32,0	0,0	216,5	75,1
6	0,6	14,4	0,62	252,94	17,2	8,6	0,0	32,0	0,0	240,3	83,7
7	0,39	15,0	0,4	172,7	11,74	5,87	0,0	32,0	0,0	164,0	57,2
8	0,81	15,8	0,84	303,77	20,66	10,33	0,0	32,0	0,0	288,2	101,0
9	0,6	16,7	0,63	134,45	9,14	4,57	0,0	32,0	0,0	127,5	44,9
10	0,6	17,4	0,63	47,27	3,21	1,61	0,0	32,0	0,0	44,8	15,8

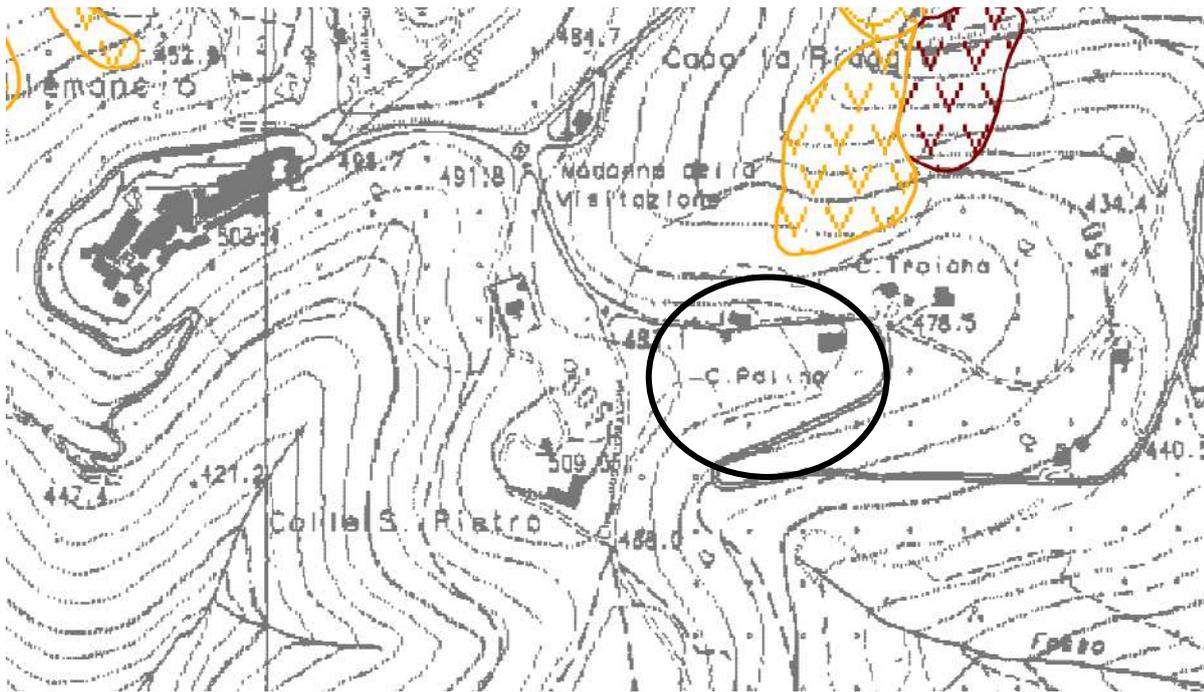


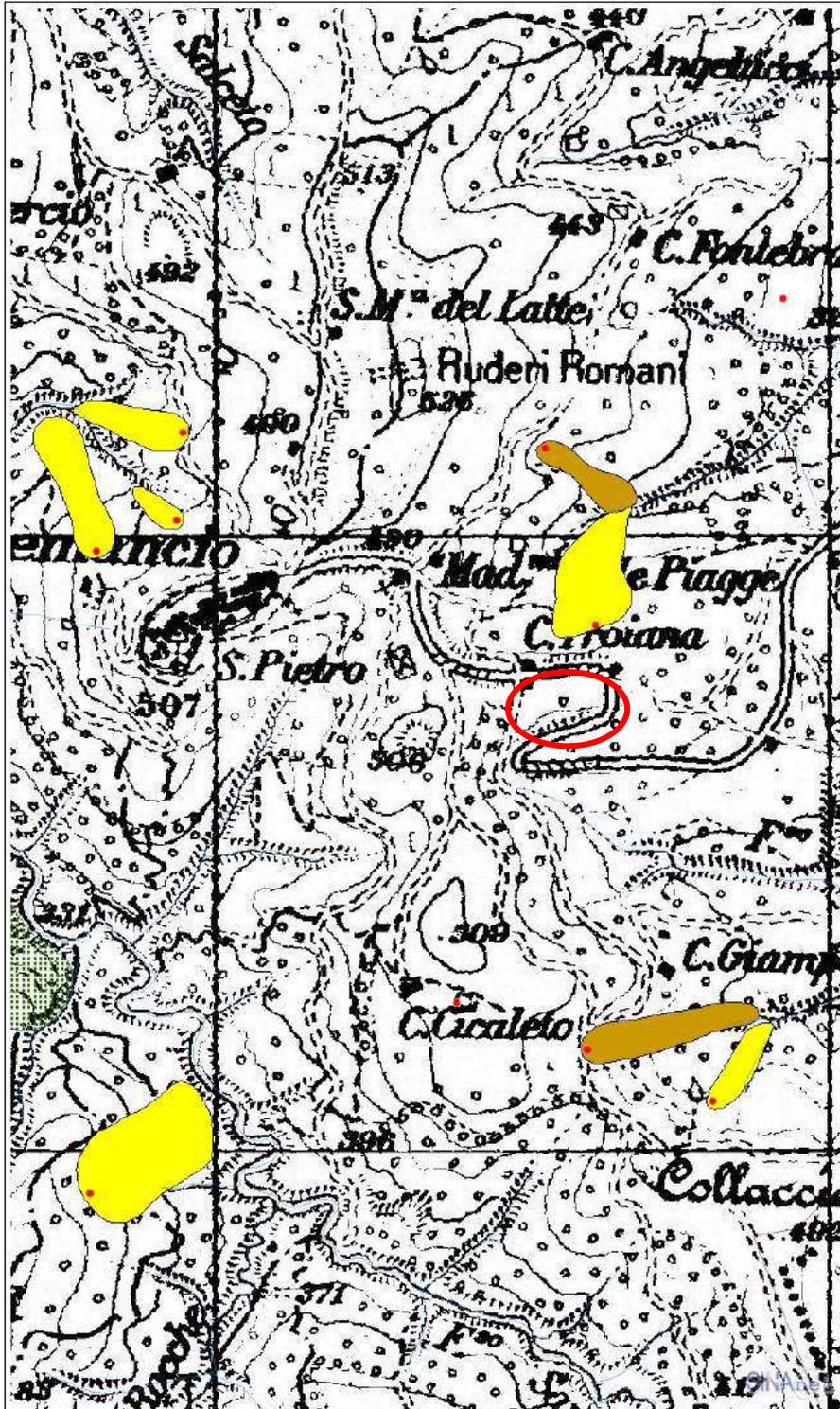
2.2.6. Dati sull'alluvionamento dell'area (§ 5.1.2.4)

2.3. Analisi Cartografia Piano di Bacino PAI

L'area non risulta perimetrata nelle mappe di allagabilità PAI

TAVOLA 216 PAI





Layer IFFI

Punto Identificativo del Fenomeno Franoso

- Scheda frane di 1° Livello
- Scheda frane di 2° Livello
- Scheda frane di 3° Livello

Tipologia di frana

- Crollo/ribaltamento
- Scivolamento rotazionale/traslattivo
- Espansione
- Colamento lento
- Colamento rapido
- Sprofondamento
- Complesso
- N.D.
- DGPV
- Aree soggette a crolli/ribaltamenti diffusi
- Aree soggette a sprofondamenti diffusi
- Aree soggette a frane superficiali diffuse
- ➔ Frane lineari

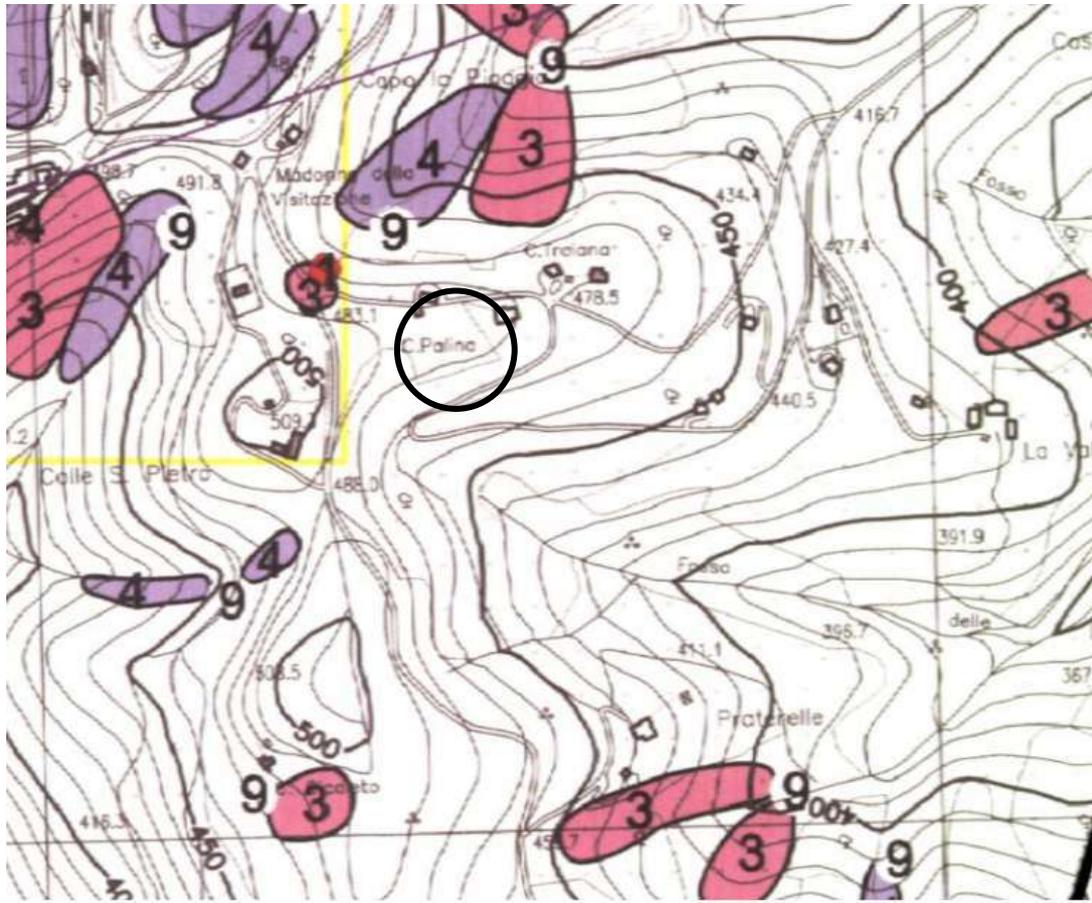
Layer BASE

- Reticolo stradale
- Tracciato ferroviario
- Urbanizzato CLC2000
- Laghi
- Fiumi
- Limiti regionali
- Limiti provinciali
- Limiti comunali
- Limiti autorità di bacino
- Reticolo tavolette 25.000

SCALA: 1:10.000
PROIEZIONE: UTM 33
DATUM: WGS84
CARTOGRAFIA: UMBRIA

COORDINATE
N.O. E: 297.600 N: 4.762.670
S.E. E: 298.950 N: 4.760.380
DATA: 03/05/2019

Cartografia Regionale – Sezione 323030 Collemancio



3. MODELLAZIONE GEOLOGICA (§ 6.2; § 6.2.1; § 6.12)

3.1. Indagini geologiche

Sono stati eseguiti n.3 sondaggi geognostici S1-S2-S3, con sonda a rotazione GEAX D5.

Inoltre, sono state eseguite n.2 indagini sismiche a rifrazione superficiale di tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), con sismografo a 12 canali AMBROGEO.

Infine, la frequenza di sito è stata valutata tramite n.4 stazioni HVSR1 – HVSR2 HVSR3 – HVSR4 con sismografo GEOBOX – SARA.

Le prove in sito svolte hanno permesso di ricostruire la distribuzione dei terreni nel sottosuolo, unitamente alla consultazione di n.7 saggi con escavatore meccanico effettuati in precedenza nell'area.

È risultata una profondità del substrato litoide variabile tra 0,30 m e 1,50 m.

Al di sopra del substrato è presente una debole copertura eluviale e pedogenizzata.

3.1.1. Piano delle indagini sulle terre o sulle rocce, in funzione degli obiettivi di progetto (§ 6.7.2; § 6.12.1; § 7.12.2)

L'obbiettivo di progetto è stato quello di verificare lo spessore dei depositi locali.

3.2. Sintesi delle analisi condotte con valutazione sulla attendibilità dei risultati e delle eventuali difficoltà incontrate (§ 6.2.1; § 6.7.2; § 6.12; § 7.11.2):

Durante le fasi di lavorazione, non sono state riscontrate difficoltà sia nelle perforazioni, che nell'esecuzione delle indagini geofisiche.

3.3. Definizione degli elementi geologici e geomorfologici di pericolosità sismica locale (§ 6.7.2; § 6.12.1):

Le prove in situ hanno permesso di definire quanto segue:

- non è stata intercettata una falda acquifera nei primi 5 m dal p.c.,
- i terreni in situ risultano rappresentati da un esiguo spessore di eluvium sabbioso-limoso ed al di sotto da arenarie e calcareniti,

3.5. Modello geologico di sintesi utile per la modellazione geotecnica (§ 6.2.1):

Sulla scorta dei paragrafi 3.2.2 e 6.2.2. delle NTC18 ed a seguito dell'acquisizione di una gamma di parametri mediante prove di laboratorio (art.59 del D.P.R. 6.6.2001 n°380/STC) come sopra descritto, il Progettista delle strutture assumerà i valori caratteristici ragionati per il modello geotecnico del sottosuolo riguardante il volume significativo.

4. MODELLAZIONE SISMICA

4.1. Finalità e metodologia di studio (§ 3.2.2 § 7.11.3)

4.2. Caratterizzazione sismica dell'area

4.3. Pericolosità sismica di base (§ 3.2)

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A quale definita al § 3.2.2), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, come definite nel § 3.2.1, nel periodo di riferimento V_R , come definito nel § 2.4. In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

L'approccio alla valutazione della pericolosità sismica ha recentemente conosciuto un notevole impulso verso la definizione delle geometrie delle sorgenti sismogenetiche, le quali, confrontate con la sismicità storica, hanno fornito una suddivisione del territorio italiano in distretti a diversa pericolosità sismica.

I cataloghi sismici rappresentano sicuramente la base con la quale poter definire la pericolosità di una determinata area geografica.

Essi costituiscono un elenco cronologicamente ordinato degli eventi risentiti in un dato sito, con l'indicazione dell'intensità verificatasi nell'area in esame e nella zona epicentrale, la magnitudo stimata e la distanza dell'epicentro dal sito.

Il "modello sismogenetico" del GNDT suddivide questa fascia appenninica in alcune zone sismogenetiche.

Secondo "NT4.1, un catalogo dei terremoti di area italiana al di sopra della soglia di danno" del GNDT, le zone più attive risultano la 45, la 46 e la 47.

Gli epicentri dei terremoti del settembre/ottobre 1997 ricadono tutti nella zona 47; quelli del 26 settembre e molti dei successivi sono localizzati in un'area compresa tra Serravalle del Chienti, Foligno e Nocera, caratterizzata da un'attività sismica meno frequente, ad esempio, di quella dell'Alta Valnerina.

Limitando l'analisi ai maggiori terremoti storici che possono aver avuto origine nell'area maggiormente interessata dalla sequenza sismica del settembre-ottobre 1997, si osserva che il catalogo NT4.1 del GNDT (Camassi e Stucchi, 1996) elenca cinque eventi di magnitudo per lo più superiore a quella dei più forti eventi della sequenza attuale (tab. 1).

Tabella 1. Principali terremoti storici con origine nell'area maggiormente interessata dalla sequenza sismica del settembre-ottobre 1997 (da NT4.1).

Data	Ora	Area epicentrale	Io	LatN	LonE	M
1279 04 30	18	CAMERINO	100	43.100	12.900	67 Ms
1747 04 17		FIUMINATA	90	43.200	12.817	62 Ms
1751 07 27	03	GUALDO TADINO	100	43.250	12.750	67 Ms
1791 10 11		SCOPOLI	75	42.967	12.817	52 Ms
1838 02 14		VALNERINA	80	42.867	12.833	55 Ms

Di seguito viene presentata una sintesi delle informazioni disponibili per i terremoti ricordati in tabella.

Il 30 aprile 1279 l'Appennino umbro-marchigiano fu interessato da un forte terremoto che precedette di poche ore un secondo evento distruttivo verificatosi nell'Appennino tosco-emiliano. L'area di danneggiamento del terremoto umbro-marchigiano fu ampia.

Fonti attestano che due terzi degli edifici di Camerino furono distrutti mentre Cagli, Fabriano, Matelica, San Severino Marche, Cingoli, Nocera, Foligno e Spello rimasero "diroccate".

Tutti i castelli (insediamenti minori cinti da mura) tra Nocera e Camerino "patirono molti danni".

Non ci sono dati certi sul numero, comunque elevato, delle vittime, sull'estensione dell'area di risentimento (che comprende certamente Roma) e sulle repliche.

Secondo cronache dell'Europa settentrionale il terremoto durò per 14 o 15 giorni. È però difficile valutare quanto questi dati siano attendibili.

Il terremoto del 1279, con tutte le incertezze legate alla relativa lacunosità dei dati storici, potrebbe essersi originato nella stessa area dei terremoti attuali.

A favore di questa chiave di lettura gioca la considerazione sulla notevole estensione del campo macrosismico e sulla sua relativa 'somiglianza' a quello attuale (fatta eccezione per il settore meridionale di Sellano - Preci danneggiato a seguito della scossa del 14 ottobre 1997).

L'evento del 17 aprile 1747 potrebbe essere la scossa principale di una sequenza avvertita tra il 26 gennaio e il 20 dicembre 1747 che causò crolli e danni abbastanza gravi nella diocesi di Nocera Umbra e nel Fabrianese.

Dopo repliche quotidiane durate un mese circa, l'attività si attenuò fino al 20 e 22 settembre 1747, quando nuove forti scosse danneggiarono il Fabrianese.

L'evento del 17 aprile fu avvertito ad Ancona, Fermo, Senigallia e Roma e causò almeno una vittima a Belvedere.

Gli eventi del 27 luglio 1751 sono le scosse principali di una sequenza avvertita dal marzo 1751 forse fino al luglio 1752 in una vasta area dell'Umbria e delle Marche.

Essi causarono danni in un'ampio territorio esteso. Il massimo livello di danneggiamento fu raggiunto in alcuni villaggi a ovest e a sud di Gualdo Tadino (Margnano, Broccaro, Busche, Caprara, Piagge e Voltole) le cui case risultarono o "tutte atterrate" o in gran parte atterrate e per il resto inabitabili.

I terremoti del 1747 e del 1751 presentano una certa affinità con i terremoti attuali per quanto riguarda la complessità delle sequenze sismiche, caratterizzate da più scosse apportatrici di danni. I campi macrosismici di questi eventi si 'sovrappongono' a quello dei terremoti attuali solo nelle zone di Nocera Umbra e Gualdo Tadino.

I danni più gravi causati dal terremoto dell'11 ottobre 1791 si concentrarono nell'area montuosa ad est di Foligno, sul versante umbro della strada per Colfiorito. I villaggi di "Scopoli Leggiana, Case Nuove, Volperino, Serrone, Pale, Morro, Casale, ed altri prossimi luoghi" furono particolarmente colpiti.

Nel gennaio-febbraio 1838 parte del territorio umbro fu interessata da scosse quasi quotidiane, tra cui due forti, avvertite a Spoleto il 5 gennaio. Il 14 febbraio 1838 una scossa più forte avrebbe

causato crolli di edifici nell'area di Sellano, Acera, Cerreto di Spoleto e Postignano e in due località situate sui monti ad est di Foligno (Verchiano e Val Lupo).

Questo terremoto per severità e distribuzione degli effetti massimi può essere confrontato con la scossa del 14 ottobre 1997.

In sintesi, i terremoti del 1997 hanno avuto origine in una zona che, fatta forse eccezione per il terremoto del 1279, non sembra aver generato eventi altrettanto forti.

Pertanto la struttura sismogenetica responsabile dei terremoti attuali potrebbe essere la stessa che ha generato il terremoto del 1279.

Se ciò trovasse conferma nei risultati delle ricerche in corso, il tempo di riattivazione della struttura sismogenetica in questione potrebbe essere maggiore di 500 anni.

Lo studio dei casi settecenteschi evidenzia come caratteristica ricorrente dei terremoti dell'area sia quella di distribuirsi in una sequenza sismica (anche di molti mesi) con due o più scosse di intensità elevata.

Sono stati estratti, inoltre, i terremoti contenuti nel Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI04), con epicentro localizzato in un raggio rispettivamente di 20 Km e 200 Km di distanza dal Comune di Foligno.

Il CPTI copre una finestra temporale tra il 212 a.c. ed il 2002 e contiene eventi con intensità epicentrale I0 maggiore di V-VI MCS (il

VI grado della scala MCS rappresenta la soglia minima per cui si possono avere effetti sui manufatti).

I risultati di tali ricerche mostrano che gli eventi che ricadono ad una distanza inferiore o uguale a 20 Km sono avvenuti in prossimità dell'area in esame ed hanno una magnitudo inferiore a 6. Distanze comprese tra i 20 Km ed i 50 Km sono caratterizzate da eventi localizzati nell'Appennino umbro-reatino, con magnitudo prossime o superiori a 6. Per distanze dai 30 Km ai 100 Km si hanno eventi con origine nelle strutture sismogenetiche dell'Appennino Umbro Marchigiano, es. terremoto di Camerino del 30/04/1279 ($M_w=6.3$), es. terremoto di Gualdo Tadino del 27/07/1751 ($M_w=6.3$). Distanze maggiori dei 100 Km sono caratteristiche di eventi localizzati nell'Appennino Abruzzese es. terremoto Aquilano del 09/09/1349 ($M_w=6.5$).

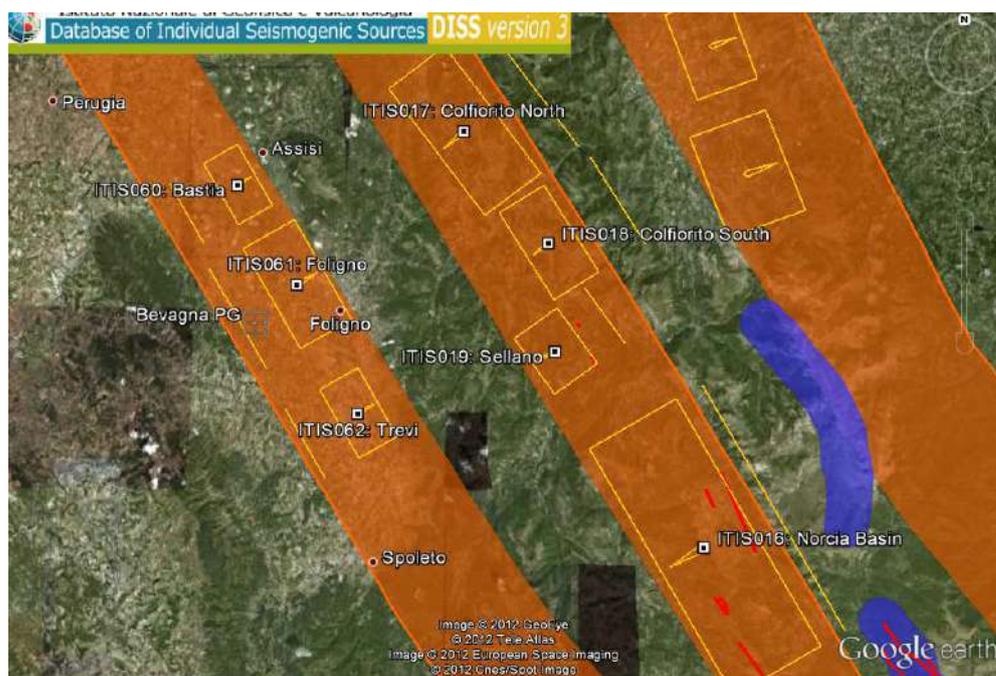
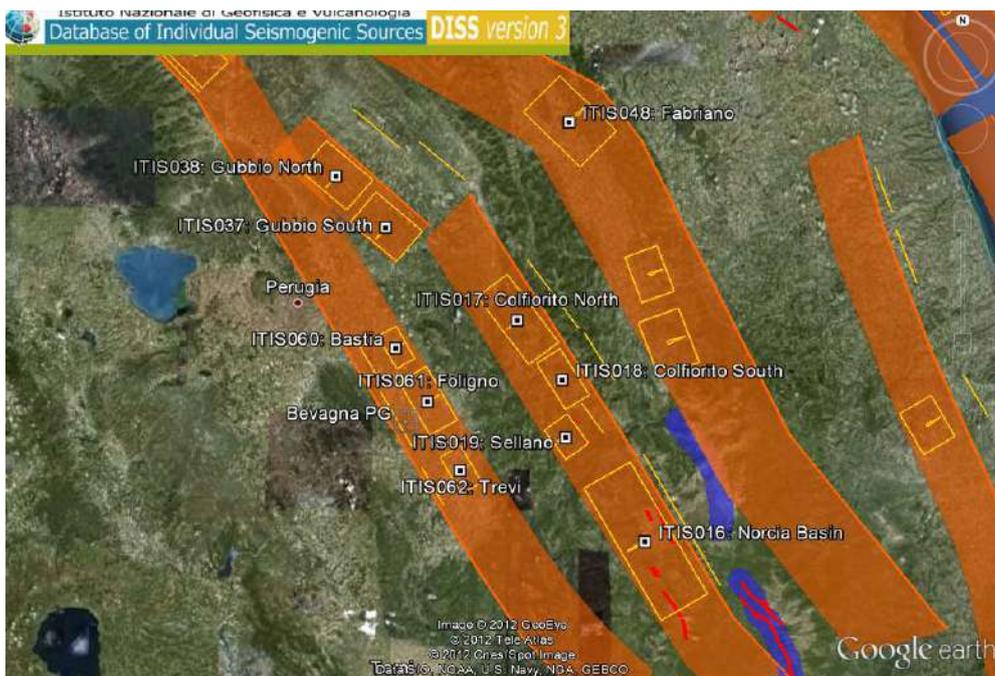
La sismicità storica e strumentale dell'Appennino umbro-marchigiano e umbro-reatino sembra fortemente controllata dalla geometria di una faglia diretta immergente ad Est, la Faglia Altotiberina (FA). La faglia ha una inclinazione media di 30° verso NE e rappresenta lo scollamento basale di faglie quaternarie sismogenetiche immergenti verso SW.

La traccia di superficie della faglia Altotiberina separa un settore quasi asismico ad Ovest, a letto della FA, da un settore in distensione interessato da attività sismica ad Est, al tetto della FA.

Le faglie sintetiche ed antitetiche al tetto della FA, a loro volta, consentono di suddividere il settore in distensione in una serie di blocchi strutturali. A partire da Nord, le strutture riconosciute sismotettonicamente attive (Galardini et al., 2000) che si incontrano sono le faglie denominate Alta ValTiberina Ovest e Alta Val Tiberina Est; procedendo verso sud si incontrano le faglie di Gubbio, Gualdo Tadino, Colfiorito e Norcia.

Di seguito è riportata una mappa dell'area di interesse con l'ubicazione delle più vicine Sorgenti Sismogenetiche Individuali, per ogni sorgente sismogenetica sono riassunti i principali parametri geometrici della faglia (lunghezza e larghezza) e la massima magnitudo momento M_w associata.

La classificazione sismica nazionale (2003), indica per il Comune di Foligno una Zona 1.



CODICE DISS	NOME	LUNGHEZZA (Km)	PROFONDITA' (Km)	M _w
ITIS062	TREVI	7	2-4,3	5,5
ITIS061	FOLIGNO	10,2	2-5	5,8
ITIS060	BASTIA	6,2	2-4	5,4
ITIS017	COLFIORITO Nord	14	3,4-8,5	6
ITIS018	COLFIORITO Sud	9	4-7,8	5,7
ITIS019	SELLANO	6	2,5-6,5	5,6
ITIS038	GUBBIO Nord	10	2,5-4,9	6
ITIS037	GUBBIO Sud	10	4-6,4	6

Relazione sulla modellazione sismica

Il profilo indicante gli spessori dei litotipi e le velocità riscontrate nel sito, è riportato nel report geofisico; in particolare, elaborando i dati acquisiti, è stato possibile individuare 4 sismostrati principali.

MASW1

1 un primo orizzonte, dello spessore di circa 0,8 m, è caratterizzato da una velocità delle onde S dell'ordine di 350 m/sec;

2 un secondo orizzonte, dello spessore di circa 2 m, ha fatto registrare una velocità delle onde S di 550 m/sec;

3 un terzo orizzonte, dello spessore di circa 15 m, è caratterizzato da una velocità delle onde S di 800 m/sec.

4 il quarto ed ultimo orizzonte, è caratterizzato da una velocità delle onde S di 1250 m/sec.

Gli spessori rilevati e le relative velocità delle onde S portano alla determinazione di una $V_{S_{eq}} = 871$ m/sec, indicando per il sito in esame un Suolo di Tipo A.

Il substrato sismico è individuato a circa 2,8 m di profondità.

MASW2

1 un primo orizzonte, dello spessore di circa 0,5 m, è caratterizzato da una velocità delle onde S dell'ordine di 341 m/sec;

2 un secondo orizzonte, dello spessore di circa 2,2 m, ha fatto registrare una velocità delle onde S di 570 m/sec;

3 un terzo orizzonte, dello spessore di circa 15 m, è caratterizzato da una velocità delle onde S di 800 m/sec.

4 il quarto ed ultimo orizzonte, è caratterizzato da una velocità delle onde S di 1277 m/sec.

Gli spessori rilevati e le relative velocità delle onde S portano alla determinazione di una $V_{S_{eq}} = 889$ m/sec, indicando per il sito in esame un Suolo di Tipo A.

Il substrato sismico è individuato a circa 2,8 m di profondità.

REPORT GEOFISICO MASW 1

Il rilievo geofisico è basato sull'impiego della tecnica MASW (multichannel analysis of surface waves), per la determinazione dei profili verticali della velocità delle onde di taglio (VS), tramite l'inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh effettuata con algoritmi genetici.

Il Parametro VSeq è il parametro geofisico che rappresenta meglio la variabilità geotecnica dei materiali geologici presenti nel sottosuolo.

Il parametro VSeq rappresenta la velocità media di propagazione delle onde S entro profondità H caratterizzate da VS non inferiore a 800 m/s.

È calcolato mediante la seguente espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

Dove:

Vi: velocità delle onde S dello strato i-esimo

hi: spessore in metri dello strato i-esimo

N: numero di strati

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.

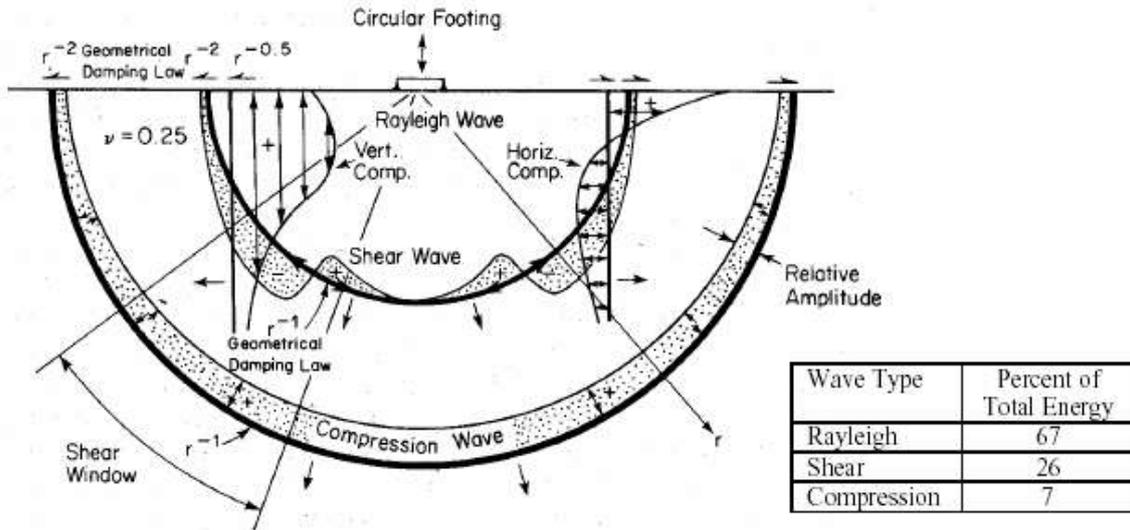
A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

C - Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

D - Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS compresi tra 100 m/s e 180 m/s.

E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D con profondità del substrato non superiore a 30 m.



SISMOGRAFO AMBROGEO – ECHO 24/2002 SEISMIC UNIT

Number of channels
 24
 Sampler interval
 0,296 msec
 A/D Conversion
 16 bit
 Amplifiers
 Input impedance
 1 KOhm
 Gain
 10 dB - 100 dB, step 1 dB
 Saturation tension
 +/- 2,3 V
 Saturation level
 100 dB
 Distorsion
 0,01%
 Sampler
 25 msec (191 points)
 50 msec (383 points)
 100 msec (756 points)
 200 msec (1530 points)
 400 msec (3060 points)
 800 msec (6121 points)
 Sampling
 130 micro/sec
 Record lenght
 25-50 -10 -20 -400-800 millisc
 Filter low pass
 from 50 to 950 Hz, step1 Hz
 Digital Filter (Fir) low pass

1000-900-800-700-600-500-400-300-200-100-50 Hz
 Digital Filter (Fir) high pass
 0-25-50-75-100-125-150-175-200-225-250 Hz
 Frequency response
 7-950 Hz, filter at 950 Hz
 Dynamic range
 93 dB
 Noise
 0,66 uV rms, gain = 55 dB
 Crosstalk
 52 dB, gain = 55 dB
 Power
 12 V

SECTION1

minimum offset (m): 5
 geophone spacing (m): 2
 sampling (ms): 0.131
 Dispersion curve: Lott Politi 1 5c.cdp
 Number of individuals: 30
 Number of generations: 31

Rayleigh-wave dispersion analysis

Adopted search space (minimum Vs & thickness): 245 10.5 875	0.56	385	1.4	560
Adopted search space (maximum Vs & thickness): 455 19.5 1625	1.04	715	2.6	1040
Adopted Poisson values: 0.35 0.35 0.35 0.3				

SECTION2

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -59.1719	-2.75996
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -50.9219	-2.75996
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -49.7613	-2.75996
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -52.7445	-2.75996
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -40.8144	-2.75996
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -33.4354	-2.75996
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -34.354	-2.75996
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -36.1591	-2.75996
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -45.1703	-2.75996
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -39.5736	-2.75996
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -41.3013	-2.75996
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -25.7345	-2.75996
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -24.491	-2.75996
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -46.7398	-2.75996
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -40.5327	-2.75996
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -37.4104	-2.75996
Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -36.2489	-2.75996
Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -42.3386	-2.75996
Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -43.0808	-2.75996

Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -41.9505 -2.75996
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -55.8822 -2.75996
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits: -48.5499 -2.75996
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits: -41.4046 -2.75996
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits: -35.9582 -2.75996
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits: -28.1725 -2.75996
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits: -45.9952 -2.75996
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits: -41.7341 -2.75996
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits: -52.6839 -2.75996
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits: -53.707 -2.75996
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits: -44.8443 -2.75996
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits: -45.899 -2.75996

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -65.2169 -2.75996
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -54.3349 -2.75996
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -54.5868 -2.75996
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -67.0487 -2.75996
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -53.6361 -2.75996
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -44.5893 -2.75996
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -47.0592 -2.75996
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -49.9891 -2.75996
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -35.2198 -2.75996

Model after the Vs & Thickness optimization (fixed Poisson values):

Vs (m/s): 350 550 800 1250
 Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.3
 Thickness (m): 0.8 2 15

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vp & Density - generation: 1; average & best misfits: -4.7376 -1.7678
 Optimizing Vp & Density - generation: 2; average & best misfits: -4.0577 -1.7495
 Optimizing Vp & Density - generation: 3; average & best misfits: -3.3655 -1.6746
 Optimizing Vp & Density - generation: 4; average & best misfits: -2.9457 -1.6746
 Optimizing Vp & Density - generation: 5; average & best misfits: -2.7991 -1.4166
 Optimizing Vp & Density - generation: 6; average & best misfits: -2.7466 -1.3663
 Optimizing Vp & Density - generation: 7; average & best misfits: -2.419 -1.3663
 Optimizing Vp & Density - generation: 8; average & best misfits: -2.3741 -1.3663
 Optimizing Vp & Density - generation: 9; average & best misfits: -2.5139 -1.3663

Number of models considered to calculate the average model: 6

SECTION3

MEAN MODEL

VS (m/s): 369 552 800 1250
 Standard deviations (m/s): 21 5 0 0

Thickness (m): 0.8 2.0 15.0
 Standard deviations (m): 0.0 0.1 0.0

Approximate values for Vp, density & elastic moduli

Vp (m/s): 762 1130 1689 2432
 Density (gr/cm³): 1.99 2.08 2.18 2.27
 Vp/Vs ratio: 2.07 2.05 2.11 1.95
 Poisson: 0.35 0.34 0.36 0.32
 Young modulus (MPa): 729 1706 3784 9368
 Shear modulus (MPa): 271 635 1396 3547
 Lamé (MPa): 613 1391 3431 6333
 Bulk modulus (MPa): 793 1814 4361 8698

Fundamental mode

Mean model

f(Hz)	VR(m/s)
11.1586	1046.441
15.2909	973.32153
19.3084	863.3176
21.3745	814.51342
23.2111	782.20495
31.4757	713.92831
53.8589	659.58245

SECTION4

BEST MODEL

Vs (m/s): 350 550 800 1250
thickness (m): 0.8 2 15

Approximate values for Vp, density & elastic moduli

Vp (m/s):	763	1116	1697	2460
Density (gr/cm3):	1.99	2.08	2.18	2.27
Vp/Vs ratio:	2.18	2.03	2.12	1.97
Poisson:	0.37	0.34	0.36	0.33
Young modulus (MPa):	666	1686	3791	9418
Shear modulus (MPa):	244	629	1397	3552
Lamé (MPa):	670	1332	3492	6652
Bulk modulus (MPa):	833	1752	4423	9020

dispersion curve (frequency - Rayleigh phase velocity)

Fundamental mode)

best model

F(Hz)	VR(m/s)
11.1586	1047.7021
15.2909	974.30187
19.3084	863.35079
21.3745	814.08518
23.2111	781.5053
31.4757	712.69622
53.8589	657.16564

SECTION5

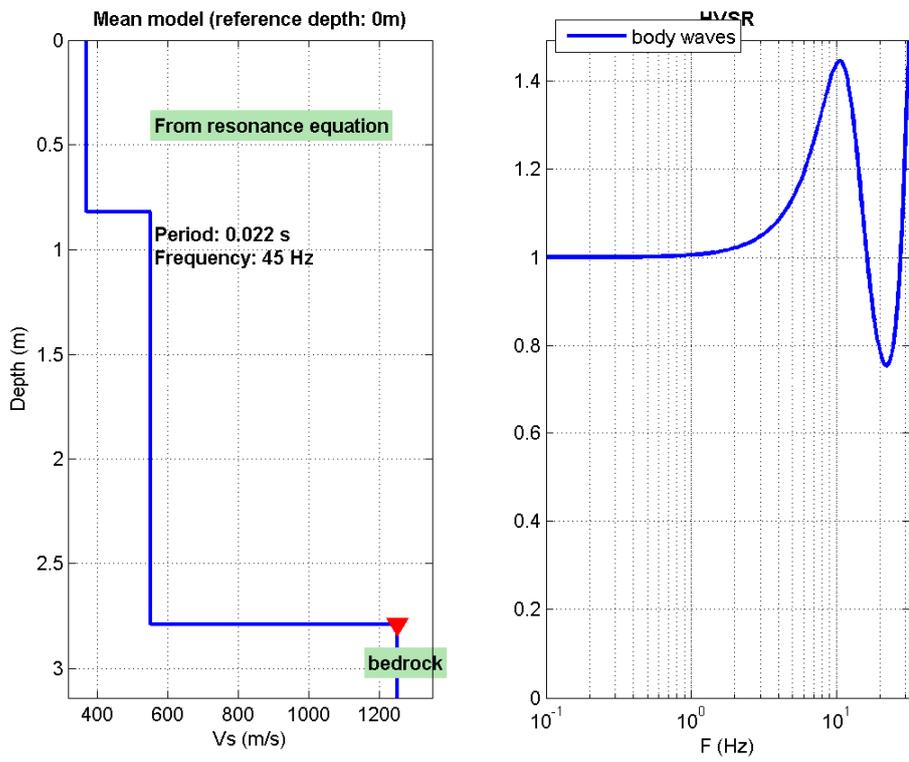
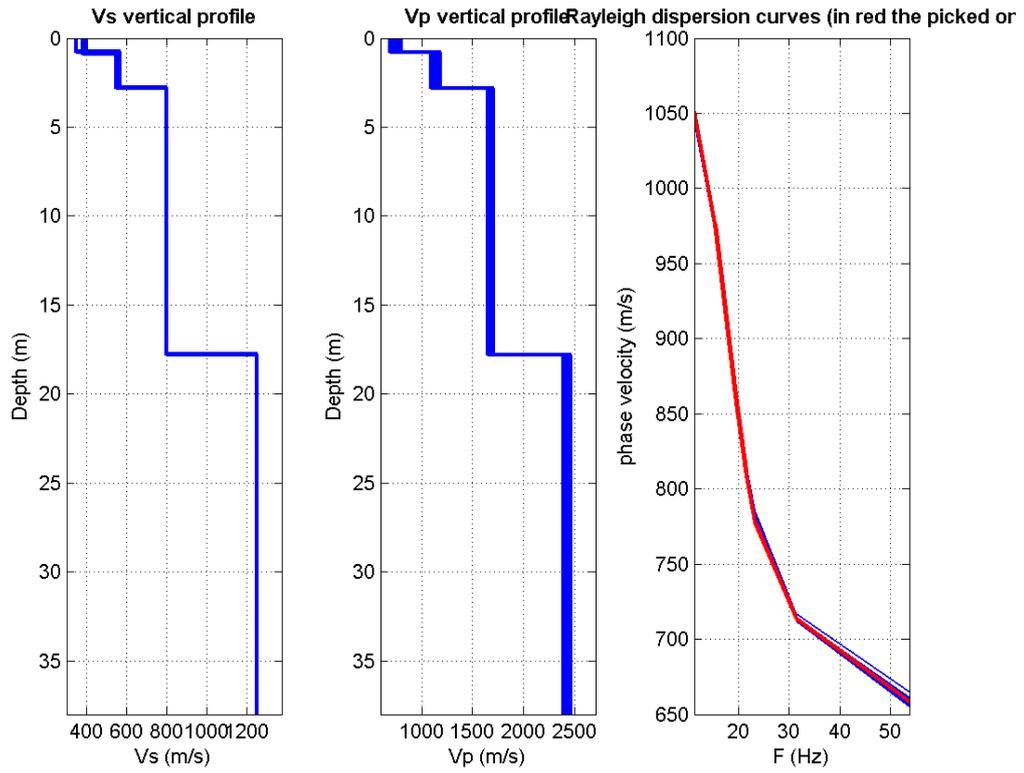
VSeq (mean model): 874 m/s

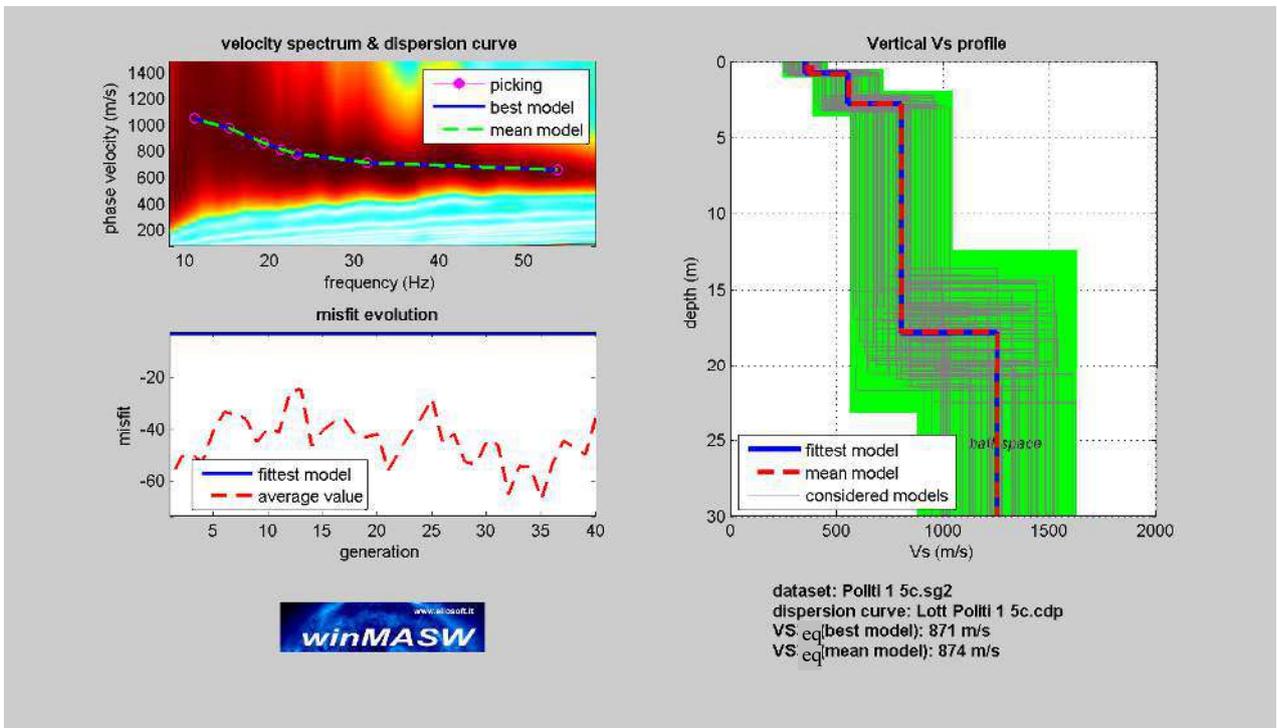
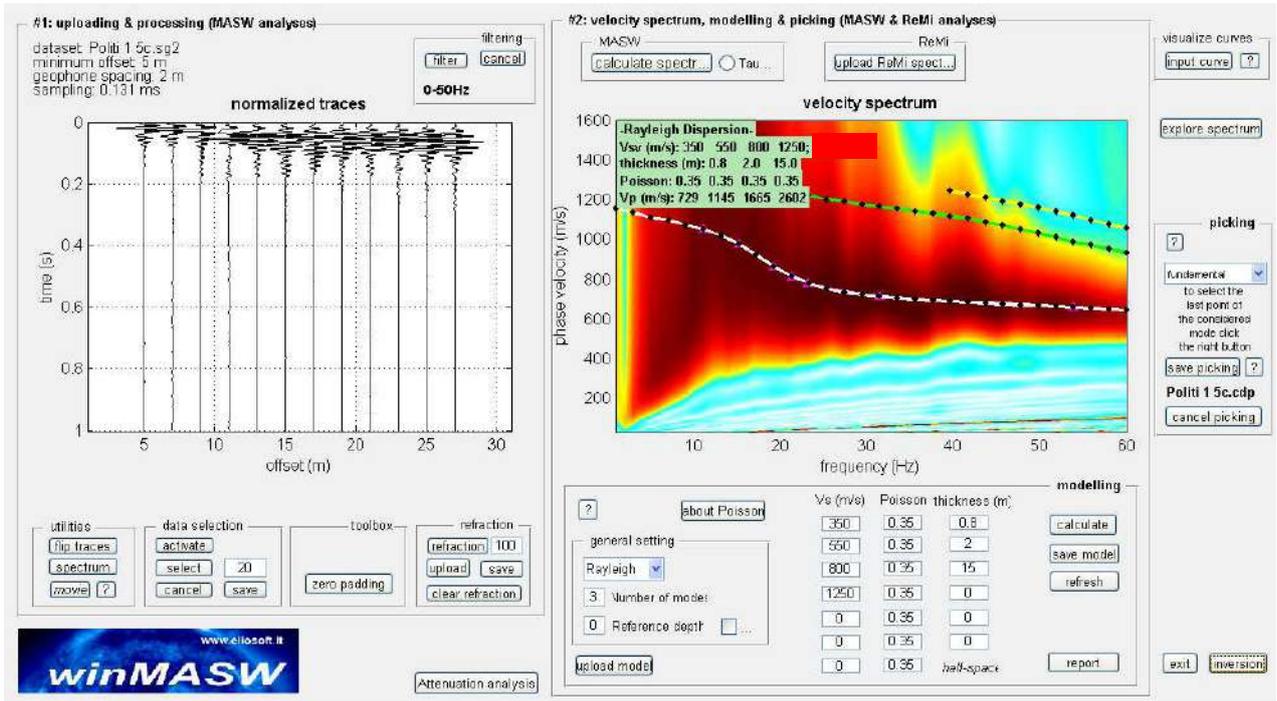
VSeq (best model): 871 m/s

SECTION6

Possible Soil Type: A

(based on the mean model)





REPORT GEOFISICO MASW 2

Il rilievo geofisico è basato sull'impiego della tecnica MASW (multichannel analysis of surface waves), per la determinazione dei profili verticali della velocità delle onde di taglio (VS), tramite l'inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh effettuata con algoritmi genetici.

Il Parametro VSeq è il parametro geofisico che rappresenta meglio la variabilità geotecnica dei materiali geologici presenti nel sottosuolo.

Il parametro VSeq rappresenta la velocità media di propagazione delle onde S entro profondità H caratterizzate da VS non inferiore a 800 m/s.

È calcolato mediante la seguente espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

Dove:

Vi: velocità delle onde S dello strato i-esimo

hi: spessore in metri dello strato i-esimo

N: numero di strati

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.

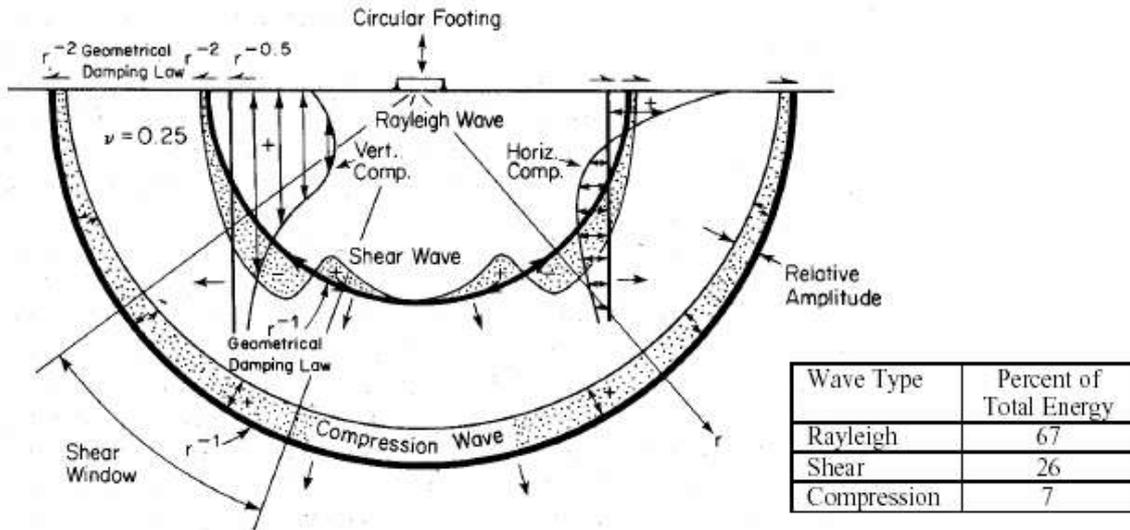
A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

C - Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

D - Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS compresi tra 100 m/s e 180 m/s.

E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D con profondità del substrato non superiore a 30 m.



SISMOGRAFO AMBROGEO – ECHO 24/2002 SEISMIC UNIT

Number of channels
 24
 Sampler interval
 0,296 msec
 A/D Conversion
 16 bit
 Amplifiers
 Input impedance
 1 KOhm
 Gain
 10 dB - 100 dB, step 1 dB
 Saturation tension
 +/- 2,3 V
 Saturation level
 100 dB
 Distorsion
 0,01%
 Sampler
 25 msec (191 points)
 50 msec (383 points)
 100 msec (756 points)
 200 msec (1530 points)
 400 msec (3060 points)
 800 msec (6121 points)
 Sampling
 130 micro/sec
 Record lenght
 25-50 -10 -20 -400-800 millisc
 Filter low pass
 from 50 to 950 Hz, step1 Hz
 Digital Filter (Fir) low pass

1000-900-800-700-600-500-400-300-200-100-50 Hz
 Digital Filter (Fir) high pass
 0-25-50-75-100-125-150-175-200-225-250 Hz
 Frequency response
 7-950 Hz, filter at 950 Hz
 Dynamic range
 93 dB
 Noise
 0,66 uV rms, gain = 55 dB
 Crosstalk
 52 dB, gain = 55 dB
 Power
 12 V

SECTION1

dataset: Politi 2 5c.sg2
 minimum offset (m): 5
 geophone spacing (m): 2
 sampling (ms): 0.131
 Dispersion curve: Lott Politi 2 5c.cdp
 Number of individuals: 30
 Number of generations: 31

Rayleigh-wave dispersion analysis

Adopted search space (minimum Vs & thickness): 238	0.35	385	1.4	560
10.5 875				
Adopted search space (maximum Vs & thickness): 442	0.65	715	2.6	1040
19.5 1625				
Adopted Poisson values: 0.35	0.35	0.35	0.3	

SECTION2

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -61.3305	-2.2455
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -48.9065	-2.2455
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -48.5367	-2.2455
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -47.7235	-2.2455
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -35.5741	-2.2455
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -30.8258	-2.2455
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -30.4303	-2.2455
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -37.706	-2.2455
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -43.0135	-2.2455
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -30.079	-2.2455
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -38.4411	-2.2455
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -29.2071	-2.2455
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -27.5428	-2.2455
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -48.0398	-2.2455
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -50.5665	-2.2455
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -36.1171	-2.2455
Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -42.7277	-2.2455
Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -46.8234	-2.2455
Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -36.7642	-2.0225
Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -28.0676	-2.0225
Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -50.3357	-2.0225
Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits: -41.686	-2.0225

Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits: -32.8786 -2.0225
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits: -31.5634 -2.0225
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits: -27.0455 -2.0225
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits: -43.982 -2.0225
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits: -46.021 -2.0225
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits: -42.8588 -2.0225
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits: -42.8936 -2.0225
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits: -37.5537 -2.0225
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits: -35.4155 -2.0225

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -65.3809 -2.0225
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -53.3167 -2.0225
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -48.8109 -2.0225
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -52.5429 -2.0225
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -51.1261 -2.0225
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -38.5523 -2.0225
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -41.7574 -2.0225
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -38.5247 -2.0225
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -22.7415 -2.00762

Model after the Vs & Thickness optimization (fixed Poisson values):

Vs (m/s): 341 570 800 1277
 Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.3
 Thickness (m): 0.52 2.2 15

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vp & Density - generation: 1; average & best misfits: -4.2608 -1.7861
 Optimizing Vp & Density - generation: 2; average & best misfits: -3.4438 -1.7861
 Optimizing Vp & Density - generation: 3; average & best misfits: -3.112 -1.7861
 Optimizing Vp & Density - generation: 4; average & best misfits: -3.0866 -1.7861
 Optimizing Vp & Density - generation: 5; average & best misfits: -3.0554 -1.7861
 Optimizing Vp & Density - generation: 6; average & best misfits: -2.7263 -1.7599
 Optimizing Vp & Density - generation: 7; average & best misfits: -2.4406 -1.7507
 Optimizing Vp & Density - generation: 8; average & best misfits: -2.4762 -1.6608
 Optimizing Vp & Density - generation: 9; average & best misfits: -2.8451 -1.6608
 Number of models considered to calculate the average model: 2

SECTION3

MEAN MODEL

VS (m/s): 380 560 800 1277
 Standard deviations (m/s): 40 10 0 0

Thickness (m): 0.5 2.2 15.0
 Standard deviations (m): 0.0+0.0i 0.0+0.0i 0.0+0.0i

Approximate values for Vp, density & elastic moduli

Vp (m/s): 735 1188 1657 2356
 Density (gr/cm3): 1.98 2.10 2.18 2.26
 Vp/Vs ratio: 1.93 2.12 2.07 1.84
 Poisson: 0.32 0.36 0.35 0.29
 Young modulus (MPa): 753 1784 3756 9534
 Shear modulus (MPa): 286 657 1393 3689
 Lamé (MPa): 498 1643 3190 5179
 Bulk modulus (MPa): 688 2081 4119 7639

Fundamental mode
 Mean model

f(Hz)	VR(m/s)
13.2247	1030.956
17.2422	935.39264
21.3745	825.45958
23.3259	790.60867
25.392	764.57154
35.608	709.61755
53.8589	674.28321

SECTION4

BEST MODEL

Vs (m/s): 341 570 800 1277
thickness (m): 0.516836 2.20875 15

Approximate values for Vp, density & elastic moduli

Vp (m/s):	773	1182	1655	2316
Density (gr/cm3):	1.99	2.09	2.18	2.26
Vp/Vs ratio:	2.27	2.07	2.07	1.81
Poisson:	0.38	0.35	0.35	0.28
Young modulus (MPa):	639	1835	3754	9439
Shear modulus (MPa):	232	681	1393	3683
Lamé (MPa):	727	1565	3175	4748
Bulk modulus (MPa):	881	2019	4104	7203

dispersion curve (frequency - Rayleigh phase velocity)

Fundamental mode)

best model

F(Hz)	VR(m/s)
13.2247	1028.8456
17.2422	933.54372
21.3745	824.17836
23.3259	789.50646
25.392	763.5821
35.608	708.72329
53.8589	673.50798

SECTION5

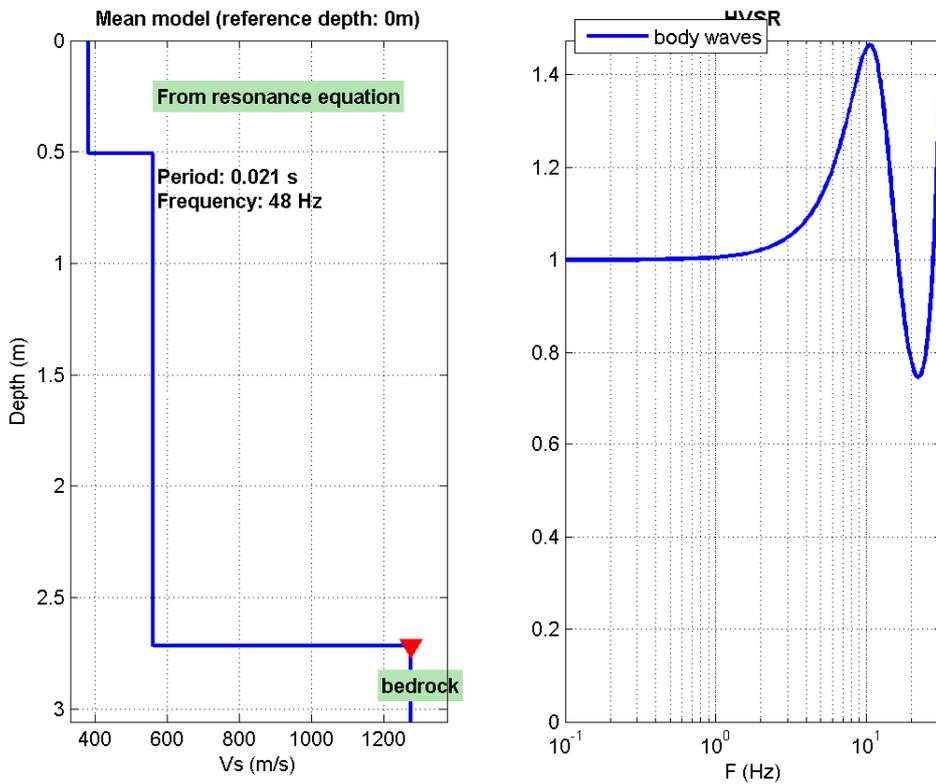
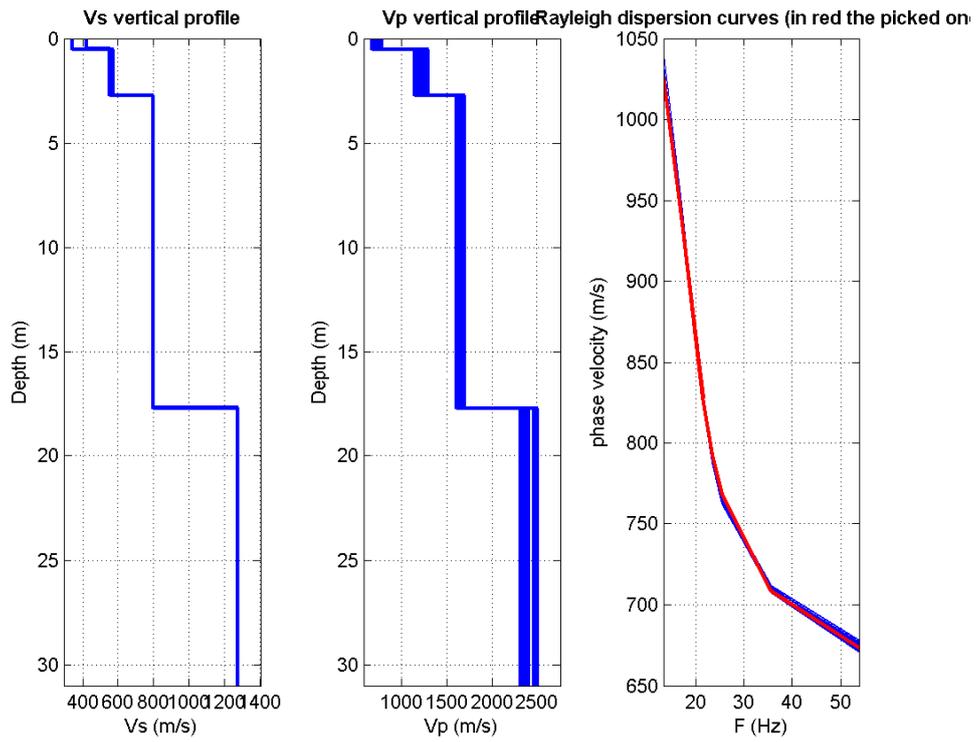
VSeq (mean model): 892 m/s

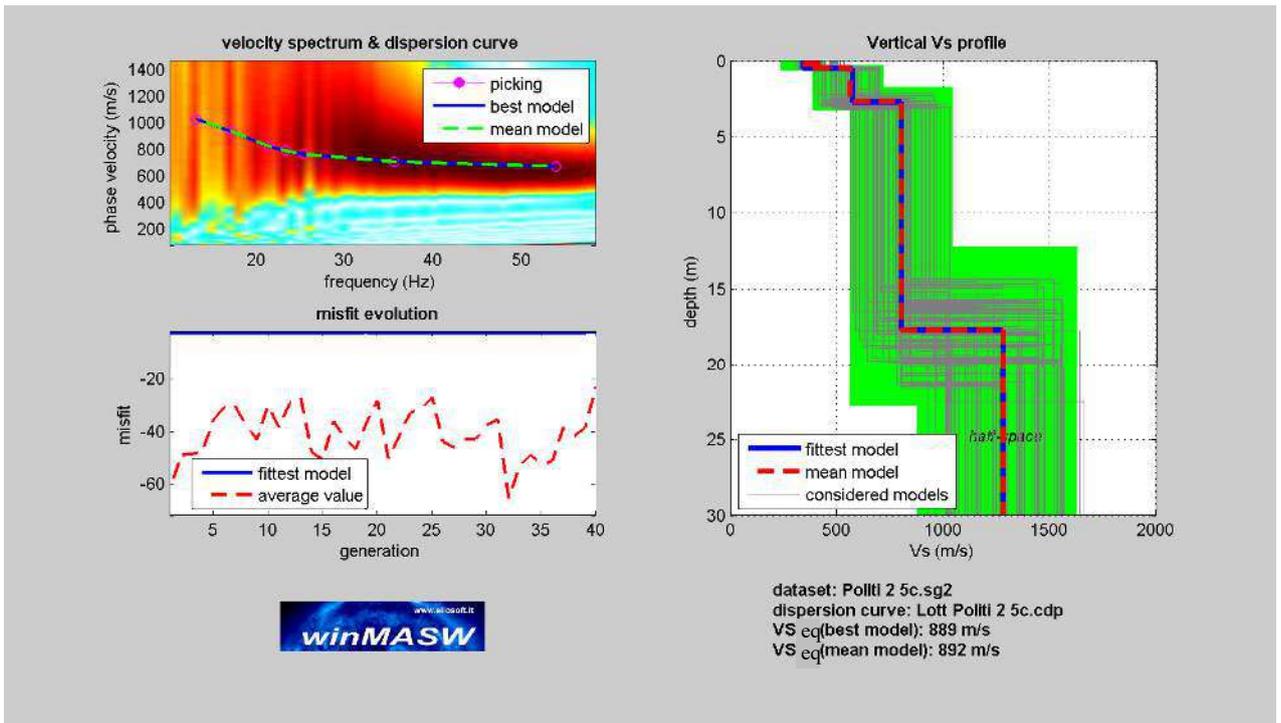
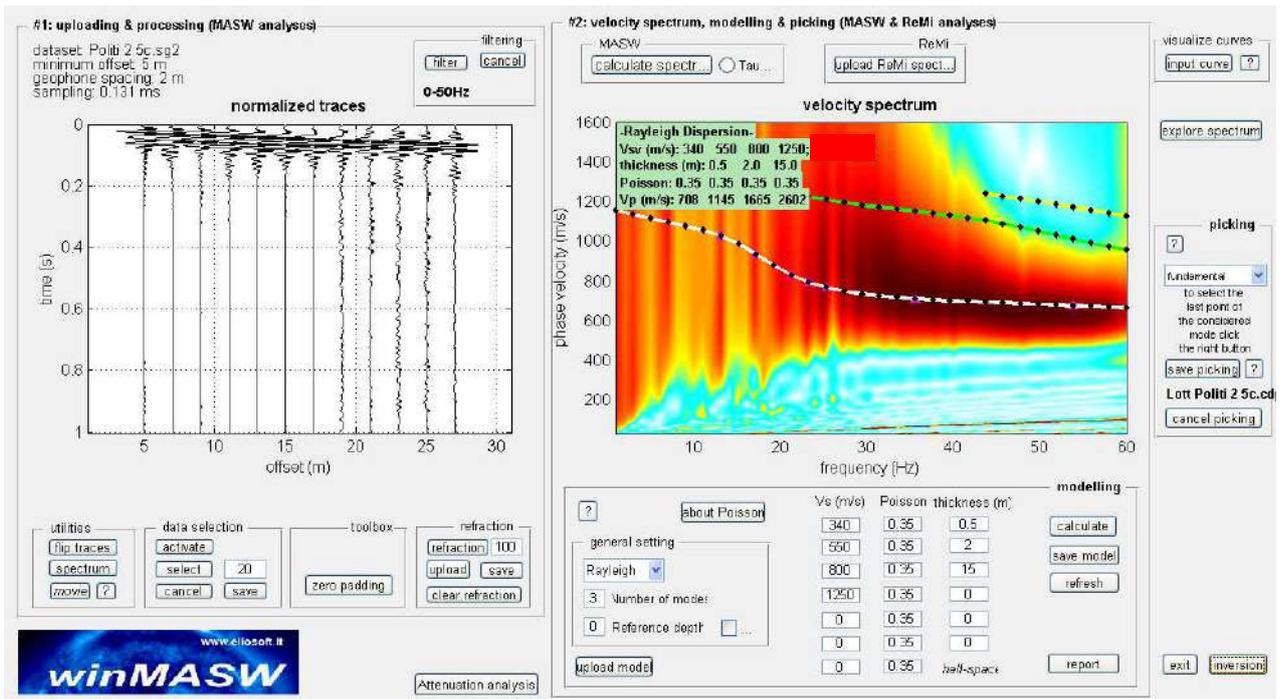
VSeq (best model): 889 m/s

SECTION6

Possible Soil Type: A

(based on the mean model)





4.5 Verifica alla liquefazione dei terreni (§ 3.2.2)

La natura dei terreni locali e l'assenza di una falda nei primi 40 m dal p.c. permettono di escludere il rischio di liquefazione.

PROVINCIA DI PERUGIA

COMUNE DI CANNARA

RELAZIONE TECNICA DI SINTESI

PROFILO SISMICO ARRAY CON METODOLOGIA MASW

LOCALITA': *COLLEMANCIO*

COMMITTENTE: *POLITI (Lottizzazione)*

DATA: Montefalco 19/06/2019

STUDIO GEOLOGICO-GEOTECNICO

Dott. Geol. Giorgio Leoni

Vicolo delle Conservette n. 12

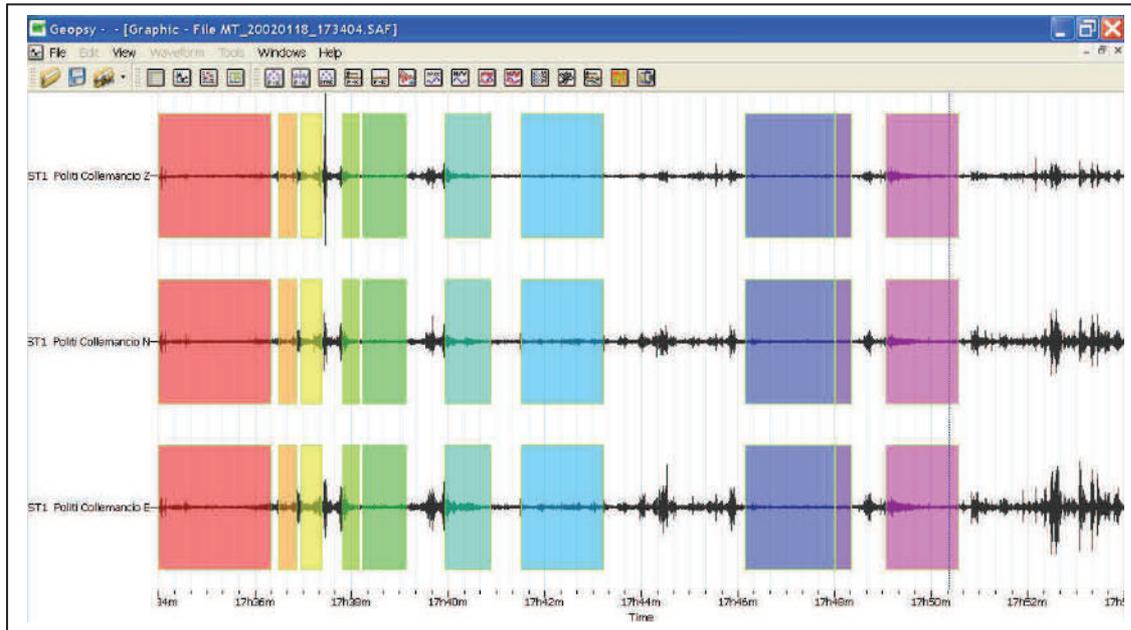
06036 MONTEFALCO (PG)

Tel/fax 0742/378657 – 347/3561957



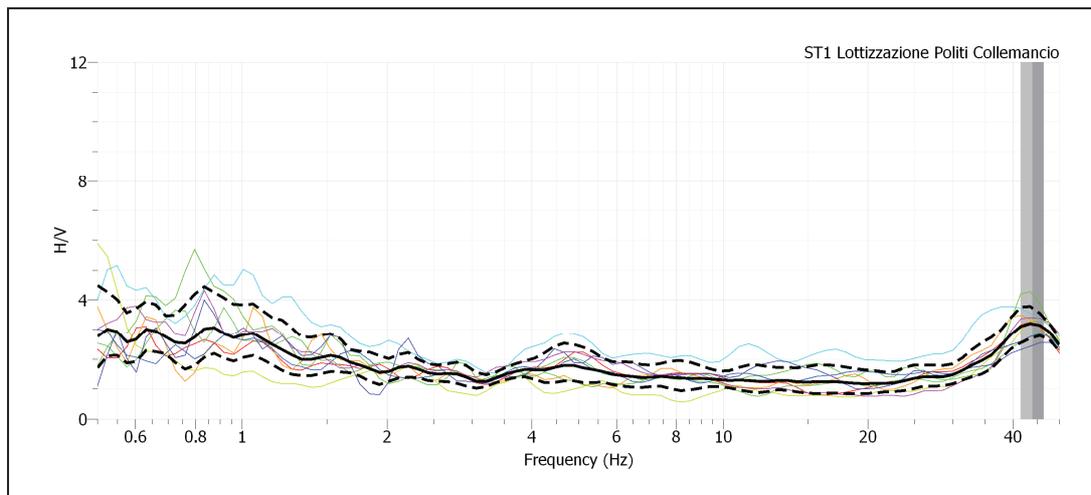
Stazione di Misura ST1 (Politi - Collemancio)

Elaborazione della curva H/V

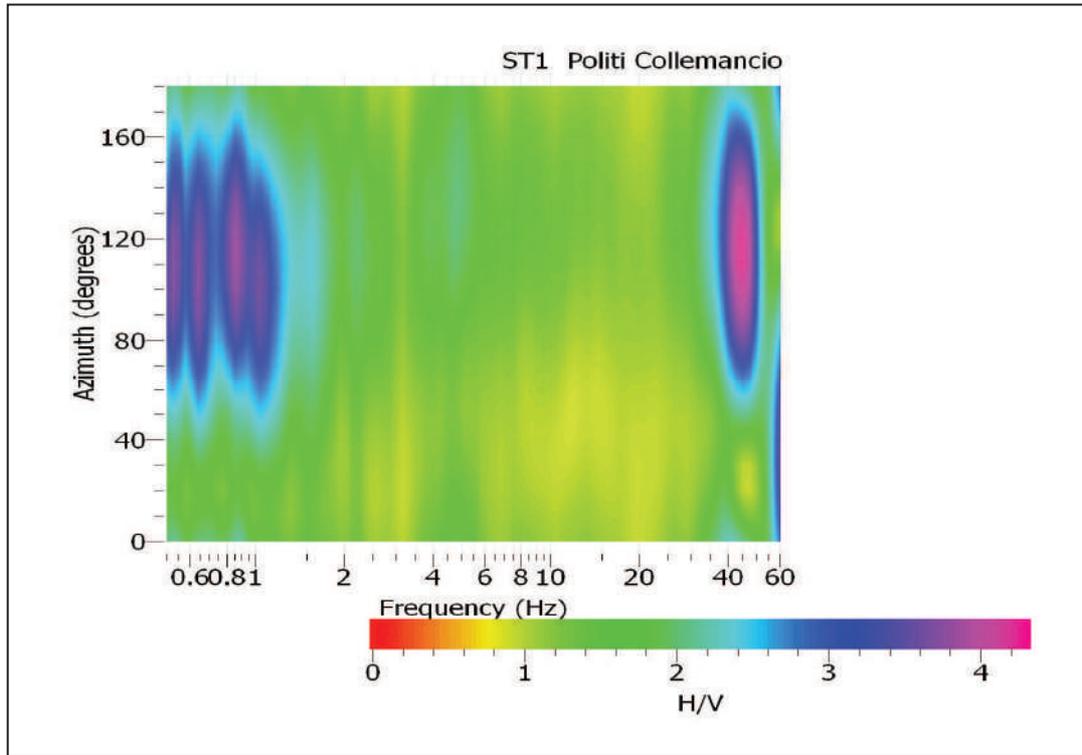


Dati di Modellazione della curva di frequenza

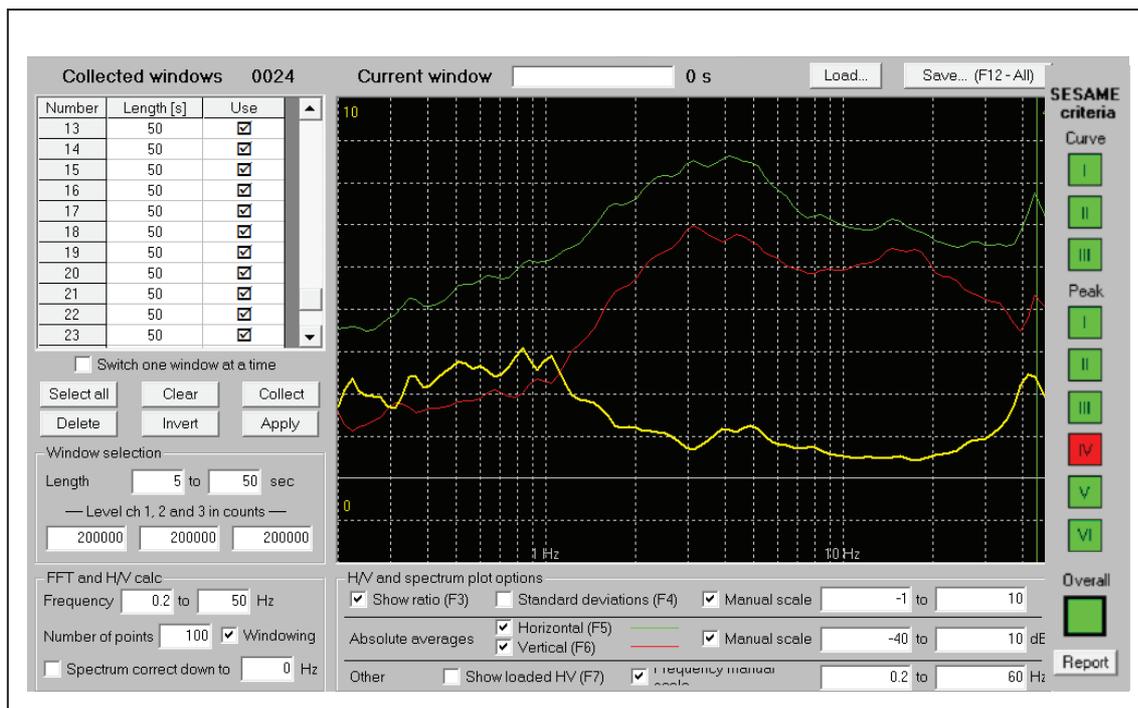
```
# GEOPSY output version 1.1
# Number of windows = 10
# f0 from average 43.4875
# Number of windows for f0 = 10
# f0 from windows 43.9999      41.5681      46.4317
# Peak amplitude 3.18808
```



Valutazione della Stazionarietà e della Direzionalità del rapporto HVSR

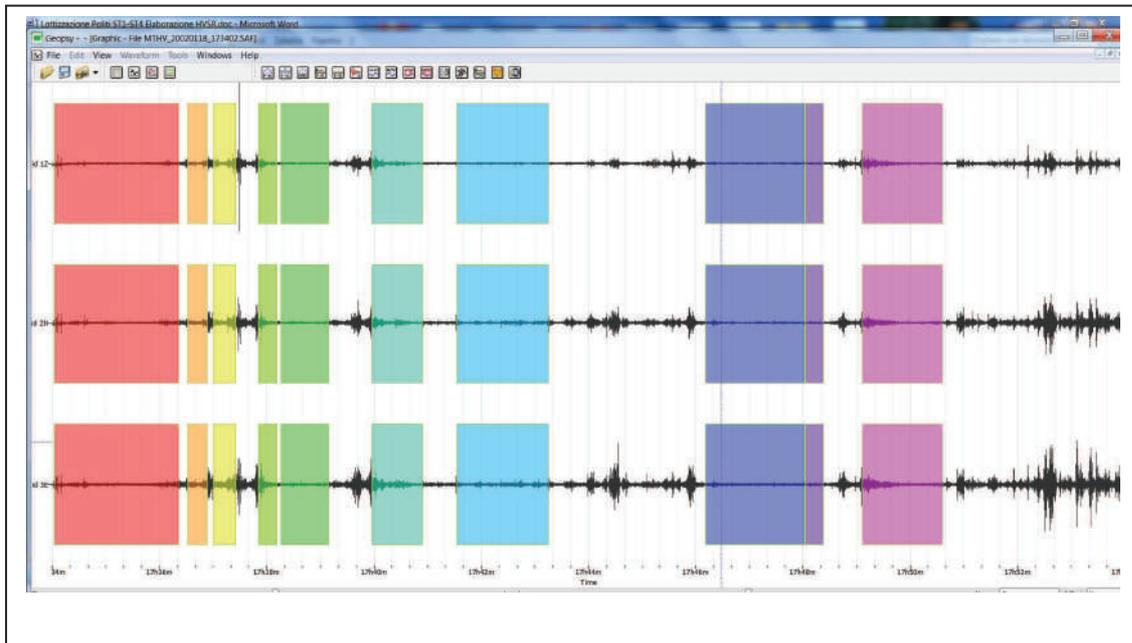


Verifica dei Criteri Sesame



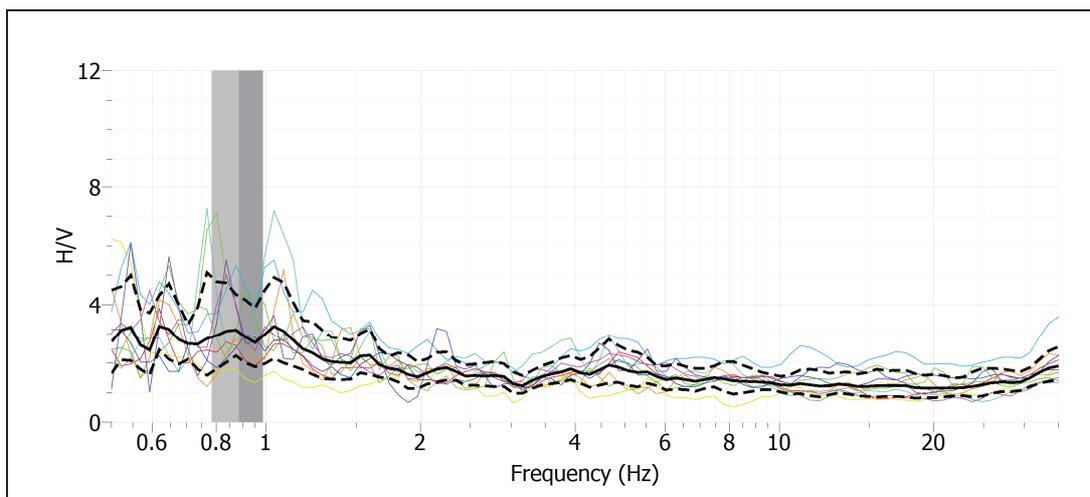
Stazione di Misura ST2 (Politi - Collemancio)

Elaborazione della curva H/V

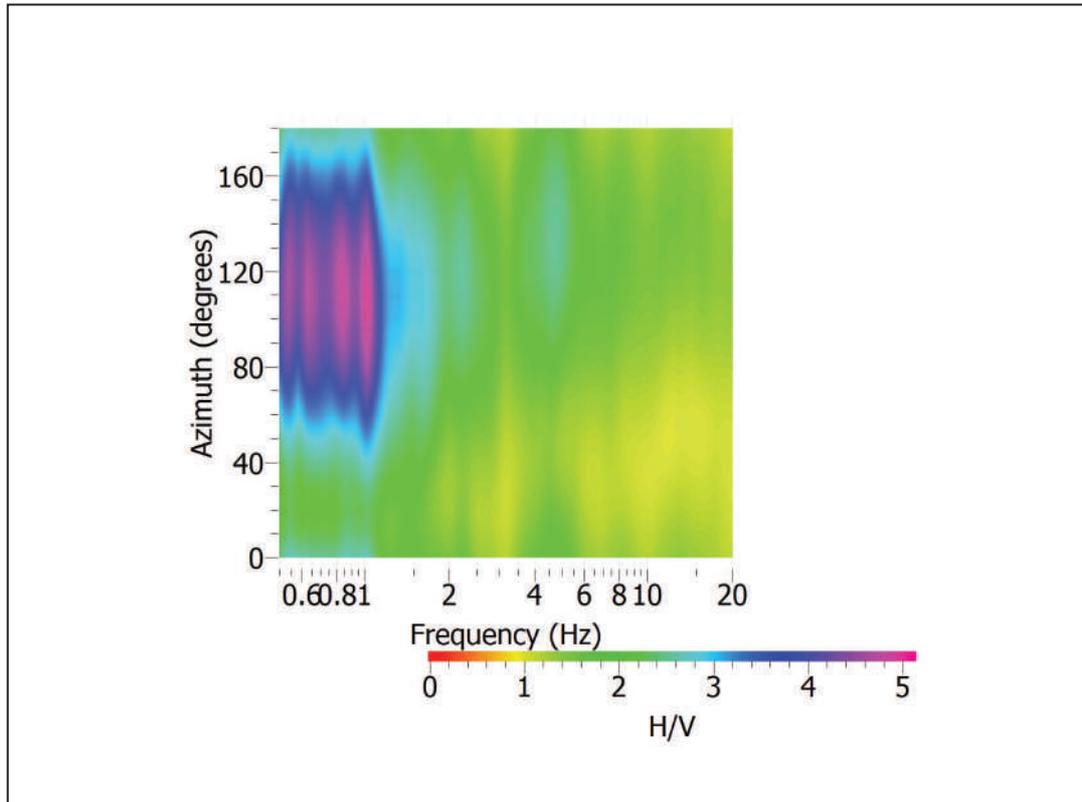


Dati di Modellazione della curva di frequenza

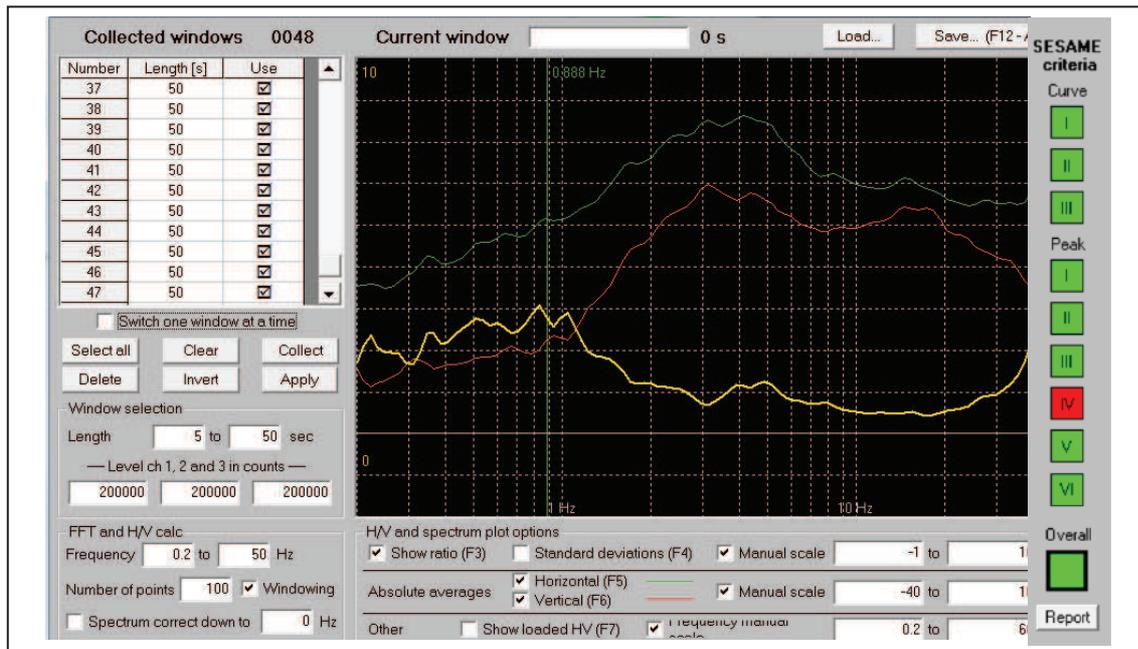
```
# GEOPSY output version 1.1
# Number of windows = 10
# f0 from average 1.03706
# Number of windows for f0 = 10
# f0 from windows 0.885996    0.784065    0.987926
# Peak amplitude 3.05316
```



Valutazione della Stazionarietà e della Direzionalità del rapporto HVSR

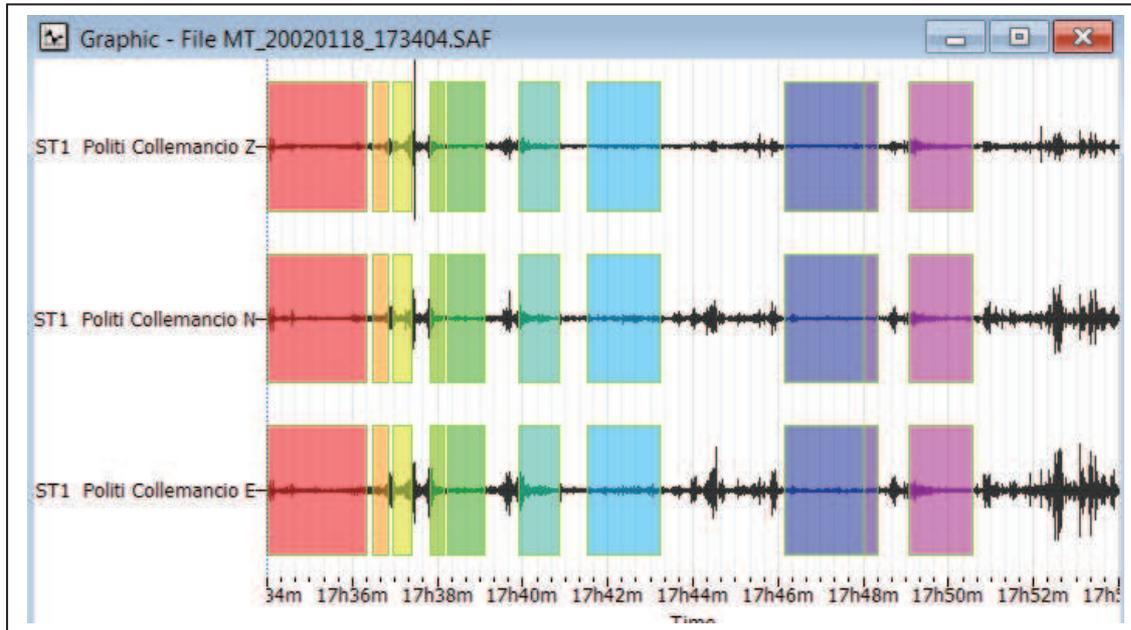


Verifica dei Criteri Sesame



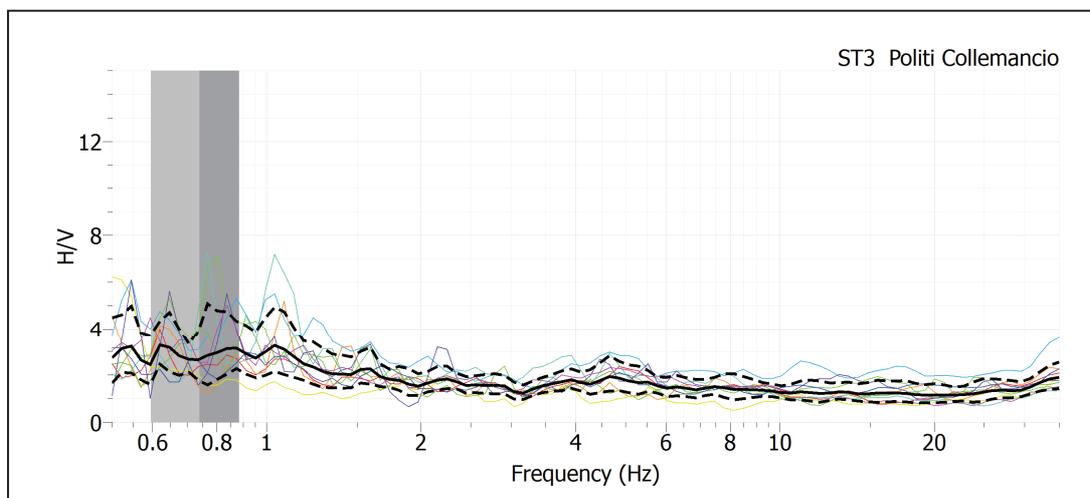
Stazione di Misura ST3 (Politi - Collemancio)

Elaborazione della curva H/V

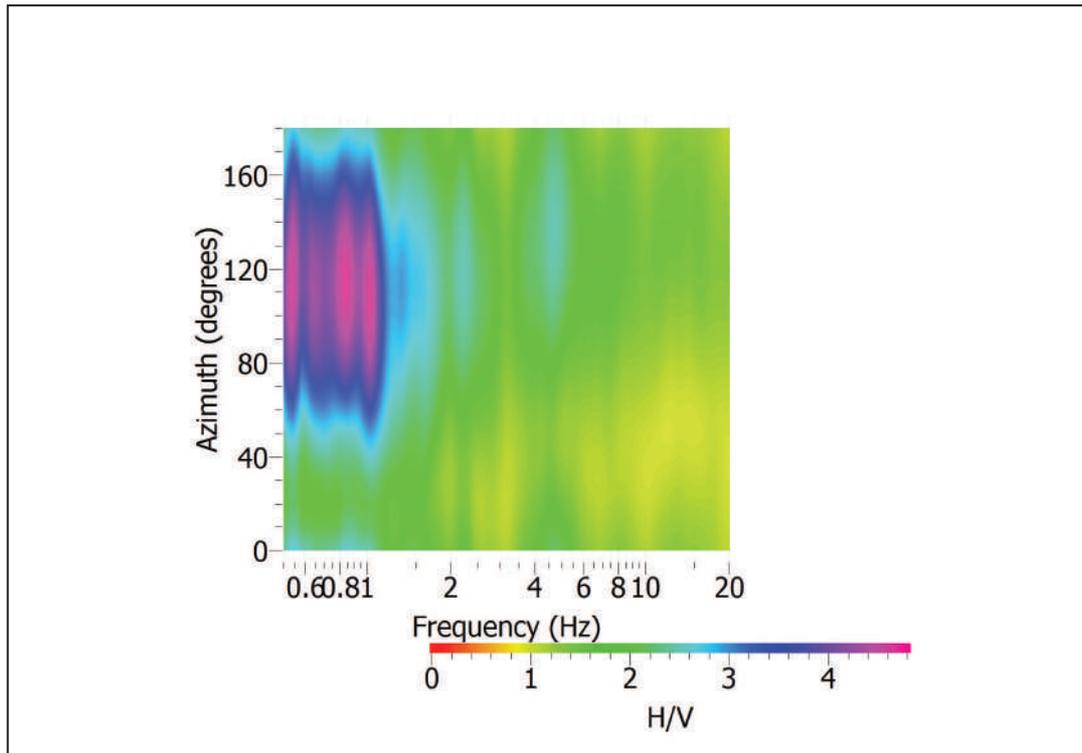


Dati di Modellazione della curva di frequenza

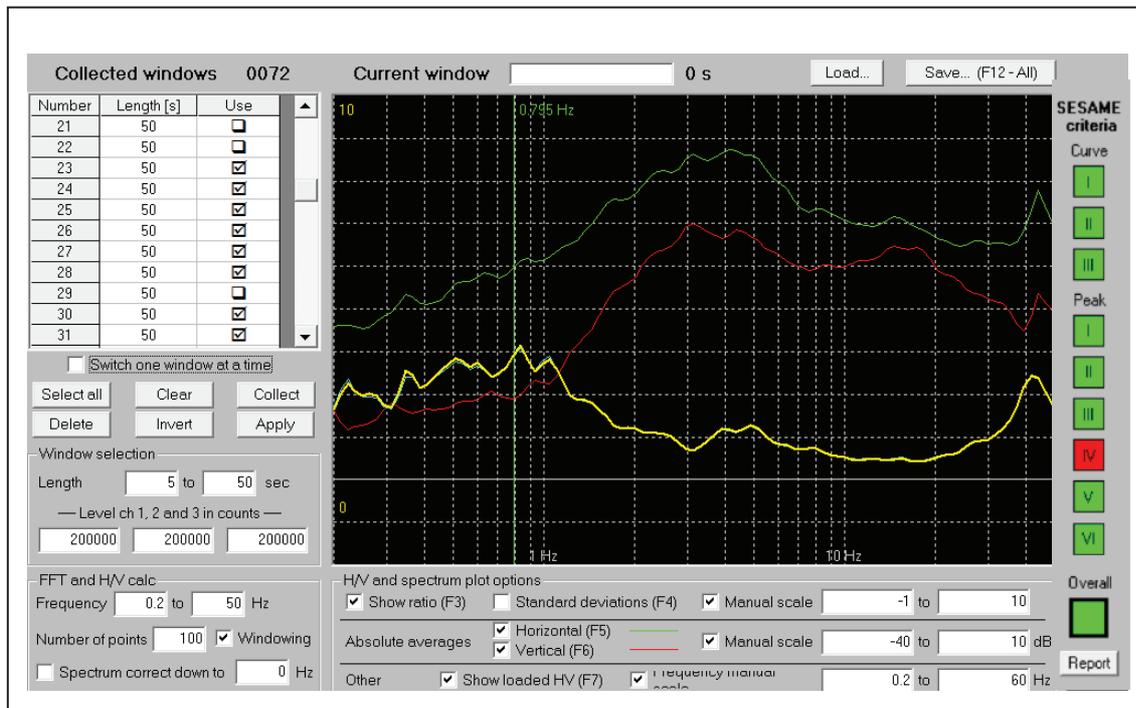
```
# GEOPSY output version 1.1
# Number of windows = 10
# f0 from average 0.619665
# Number of windows for f0 = 10
# f0 from windows 0.739572    0.595235    0.883909
# Peak amplitude 2.6676
```



Valutazione della Stazionarietà e della Direzionalità del rapporto HVSR

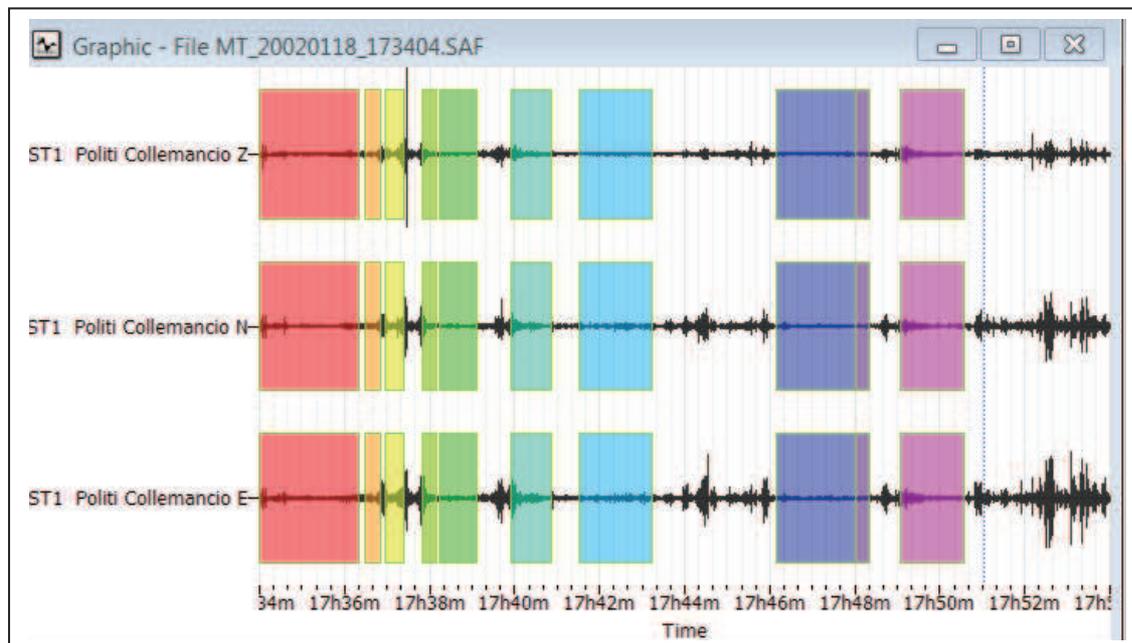


Verifica dei Criteri Sesame



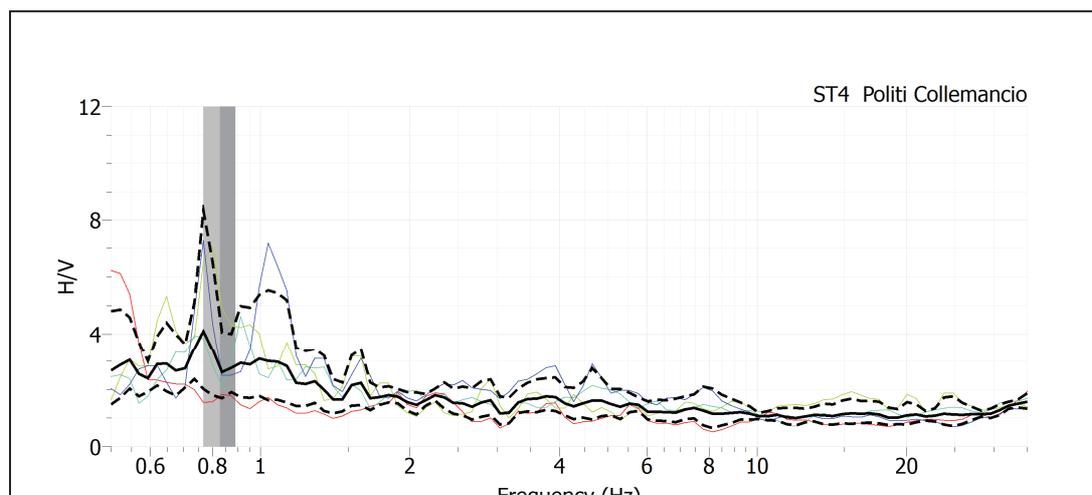
Stazione di Misura ST4 (Politi - Collemancio)

Elaborazione della curva H/V

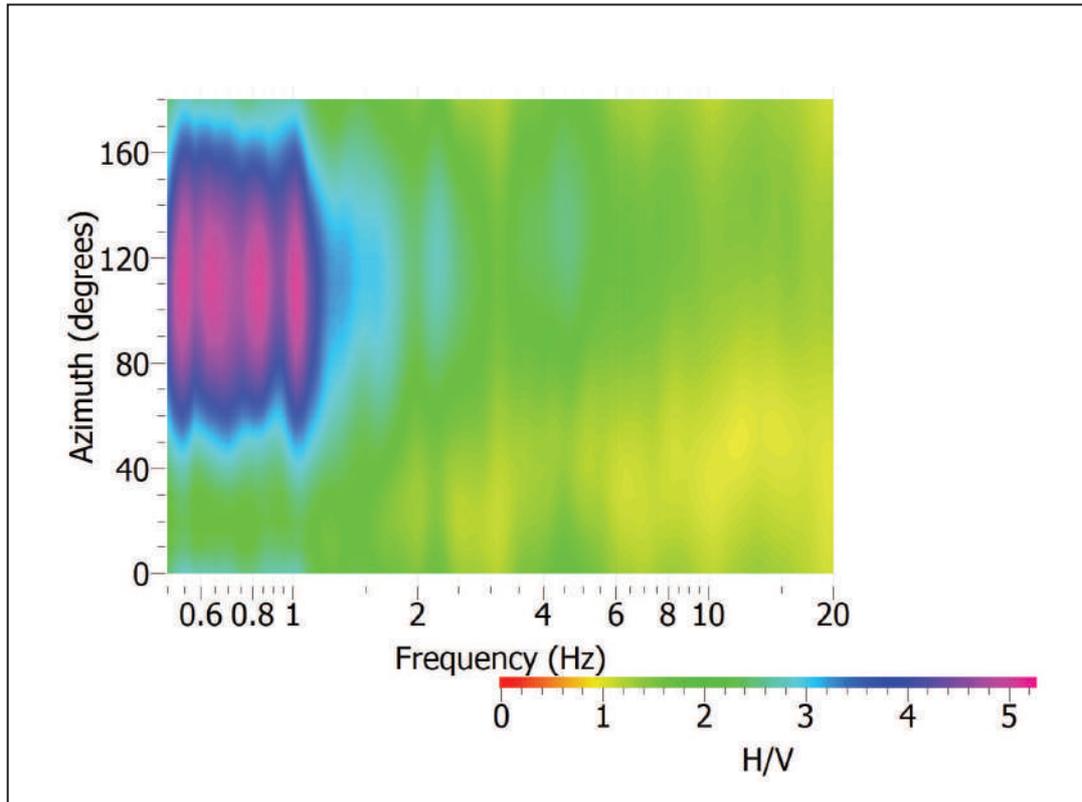


Dati di Modellazione della curva di frequenza

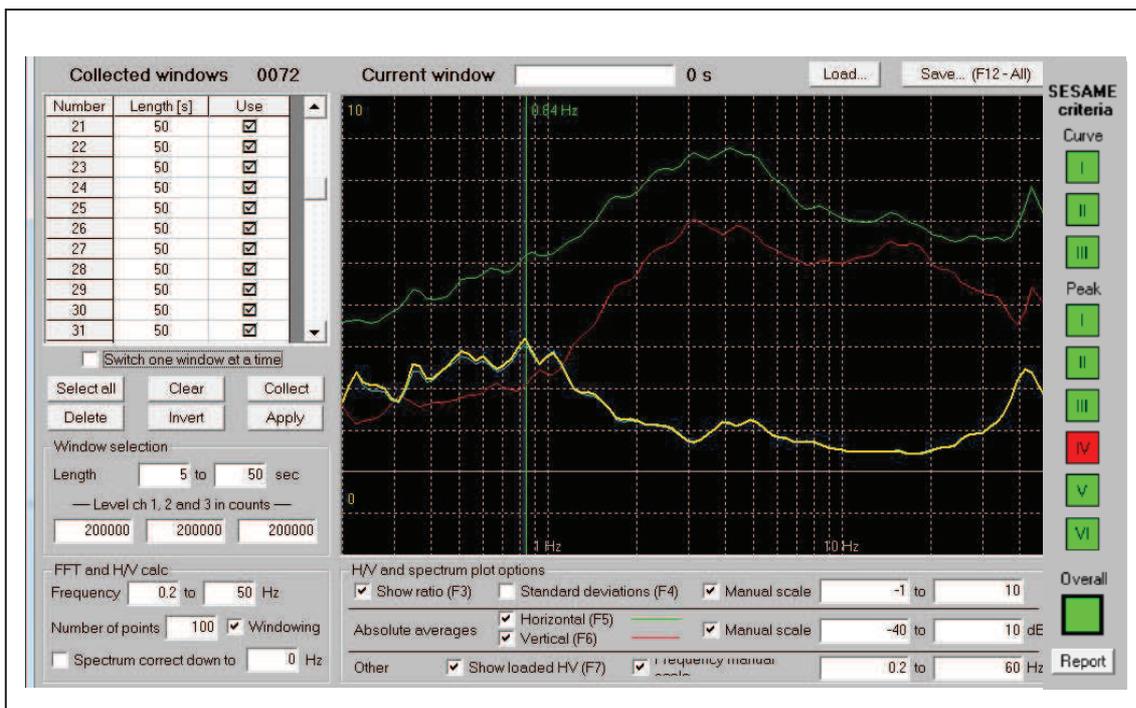
```
# GEOPSY output version 1.1
# Number of windows = 4
# f0 from average 0.767969
# Number of windows for f0 = 4
# f0 from windows 0.849548    0.767941    0.891155
# Peak amplitude 2.79145
# Frequency Average      Min    Max
```



Valutazione della Stazionarietà e della Direzionalità del rapporto HVSR



Verifica dei Criteri Sesame



PROVINCIA DI PERUGIA

COMUNE DI CANNARA

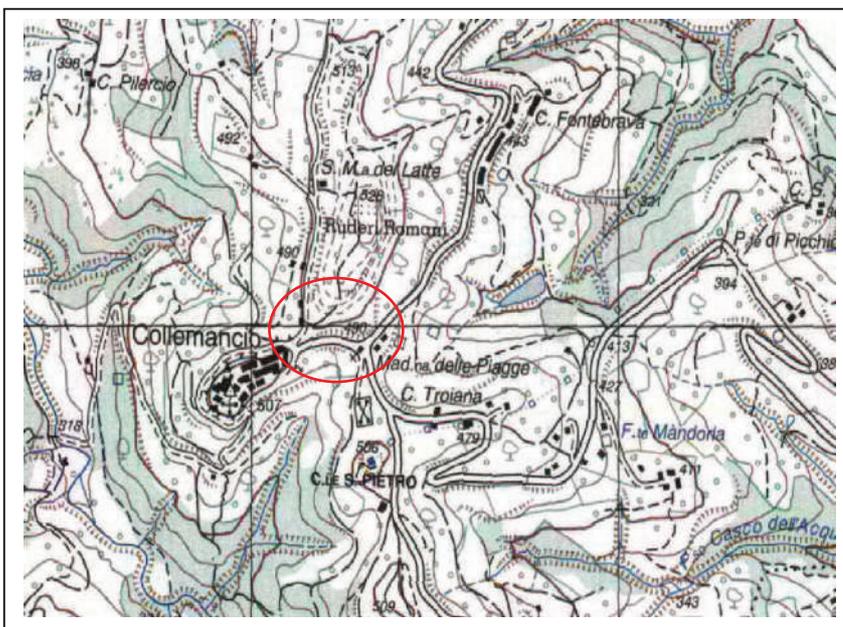
**RELAZIONE ILLUSTRATIVA PER GLI STUDI DI
MICROZONAZIONE SISMICA DI I° e II° LIVELLO**

TECNICI INCARICATI:

Dott. Geol. Giorgio Leoni

DATA: 15 giugno 2019

SCALA: Varie



Collaboratori:

LOCALITA': **LOTTIZZAZIONE COLLEMANCIO**

COMMITTENTE: **SIG. POLITI**

STUDIO GEOLOGICO-GEOTECNICO-AMBIENTALE

Dott. Geol. Giorgio Leoni

P.I. 02344070541 - e-mail geostudio.leoni@alice.it

Vicolo delle Conservette n. 12

06036 MONTEFALCO (PG)

Tel./fax 0742/378657-347/3561957

Via G. Lo Cascio n. 15

06125 Perugia

Tel./fax 075/43079-347/3561957

INDICE

1. PREMESSA	3
2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE	5
3. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA	10
4. CONSIDERAZIONI MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 1	12
4.1 CONSIDERAZIONI GEOLOGICO-TECNICHE	12
4.2. CONSIDERAZIONI SULLA CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE	13
5. CONSIDERAZIONI MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 2	14
5.1. CONSIDERAZIONI GEOLOGICO-TECNICHE	14
5.2. CONSIDERAZIONI SULLE INDAGINI EFFETTUATE	14
5.3. CONSIDERAZIONI SULLA CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA	15
6. CONSIDERAZIONI FINALI	18

ALLEGATI

ALLEGATO A

Stralcio Ortofotocarta con ubicazione delle indagini dalla scala 1:5.000

ALLEGATO B

Carta delle frequenze dalla scala 1:2.000

ALLEGATO C

Carta delle MOPS - Microzonazione sismica L1 dalla scala 1:2.000

ALLEGATO D

Carta dei Fattori di amplificazione - Microzonazione sismica L2 dalla scala 1:2.000

1. PREMESSA

Con l'approvazione del D.M. 17 gennaio 2018 "Norme tecniche per le costruzioni", la classificazione sismica dei terreni di fondazione avviene sulla base della raccolta di parametri di carattere litologico, stratigrafico, sismico, geotecnico, topografico. Con D.G.R. n. 377 del 08.03.2010 al punto 5) c. 2 viene stabilito che nelle zone 1, 2 e 3 della classificazione sismica vigente, la documentazione da produrre per un Piano Attuativo, dal punto di vista della microzonazione sismica è quella di un'indagine di livello 2 o 3 di approfondimento, nei casi di aree urbanizzate soggette a trasformazione urbanistica o da urbanizzare, nelle aree suscettibili di amplificazione e nelle aree suscettibili di instabilità di versante, di liquidazioni, di addensamenti e di cedimenti differenziali, di deformazioni del suolo per faglie attive.

Trattandosi di un Piano Attuativo che riguarda una diversa distribuzione delle aree secondo un nuovo disegno delle stesse, si ritiene indispensabile una valutazione delle possibili amplificazioni in funzione della peculiarità geologica, geomorfologica e idrogeologica locale.

La metodologia adottata per questo studio è sostanzialmente analoga a quella definita negli "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica" editi dal Dipartimento della Protezione Civile Nazionale (DPCN) e dalla Conferenza Stato-Regioni. In primo luogo sono stati raccolti tutti i dati geologici, stratigrafici e geotecnici disponibili i quali sono stati integrati con quelli ottenuti da ulteriori indagini geognostiche e geofisiche, eseguite in sito, al fine di ottenere una serie esaustiva di parametri geotecnici e geofisici specifici di ogni unità stratigrafica rilevata. I risultati ottenuti hanno poi permesso di distinguere le varie unità litologiche e geofisiche. Le tipologie di indagini effettuate ed i dati acquisiti hanno portato, attraverso l'ausilio e l'utilizzo di alcuni abachi, alla stesura di una Carta di Microzonazione sismica di livello L2.

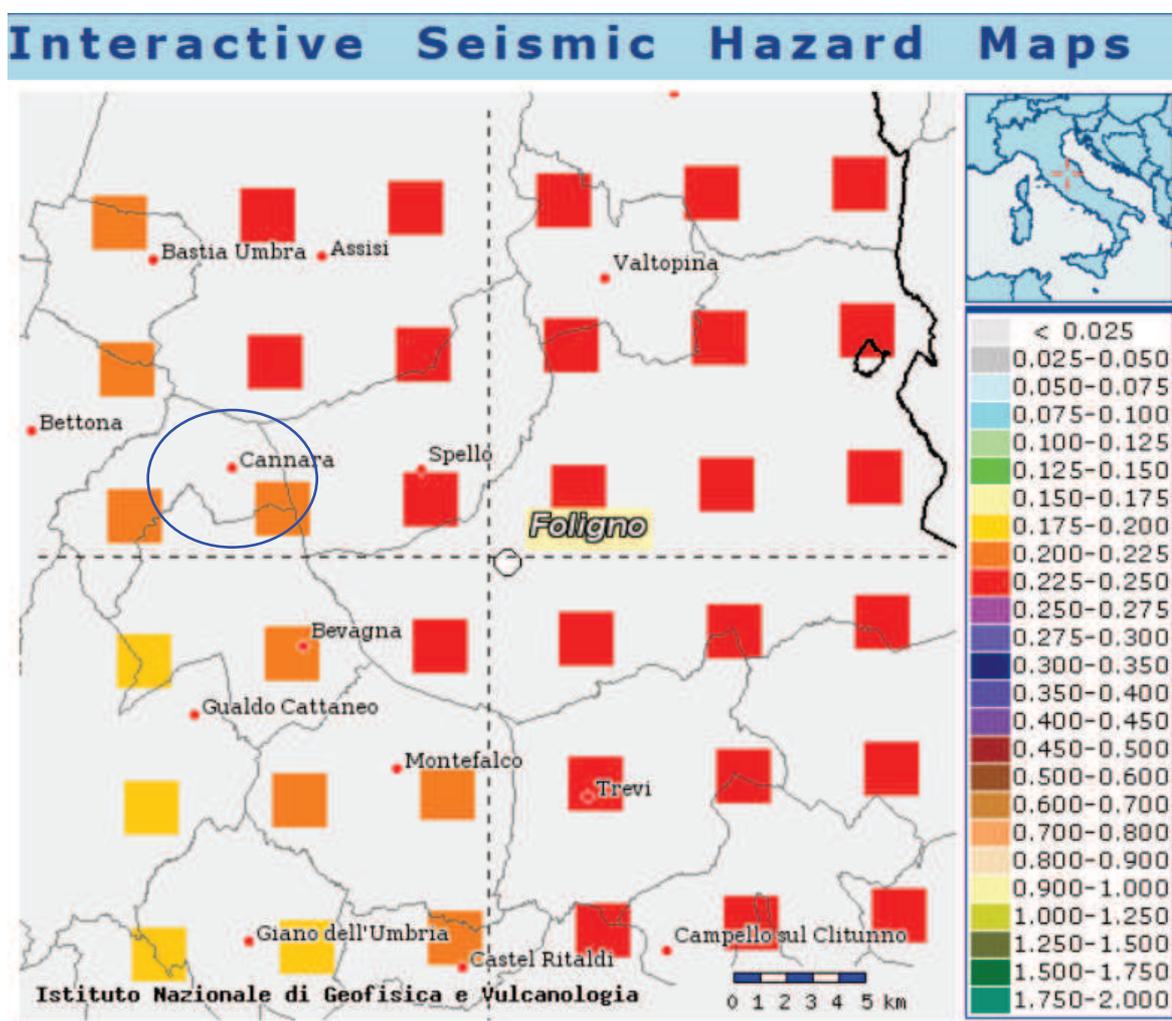
Nella campagna indagini sono state eseguiti un sondaggio a distruzione di nucleo, l'esecuzione n. 2 prospezioni geofisiche di tipo MASW nonché n. 4 misure di microtremore sismico HVSR (Nakamura).

Si ricorda, inoltre, che la zona in oggetto ricade in zona sismica 2 (grado di sismicità S=9) e pertanto lo studio dovrà tenere conto di quanto espresso dal D.M. del 14 gennaio 2008 e dei seguenti riferimenti normativi:

- OPCM n. 4007/12 del 29.02.2012 pubblicata in G.U. del 07.03.2012 che disciplina i contributi economici per gli interventi di prevenzione del rischio sismico e fa riferimento alla precedente:
- OPCM n. 3907 del 13.11.2010 pubblicata in G.U. del 01.12.2010 (modificata con OPCM n. 3925 del 23.02.11), previsti dall'Art. 11 del decreto legge 28 aprile 2009 n.39, convertito, con modificazioni, dalla Legge n. 77 del 24/06/2009.

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

Il quadro della pericolosità sismica di base elaborato dall'INGV, assegna alla città di Foligno un valore di accelerazione massima al suolo, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (periodo di ritorno di 475 anni), pari a 0,225g-0,250g valore che fa ricadere tale area in zona sismica 1.

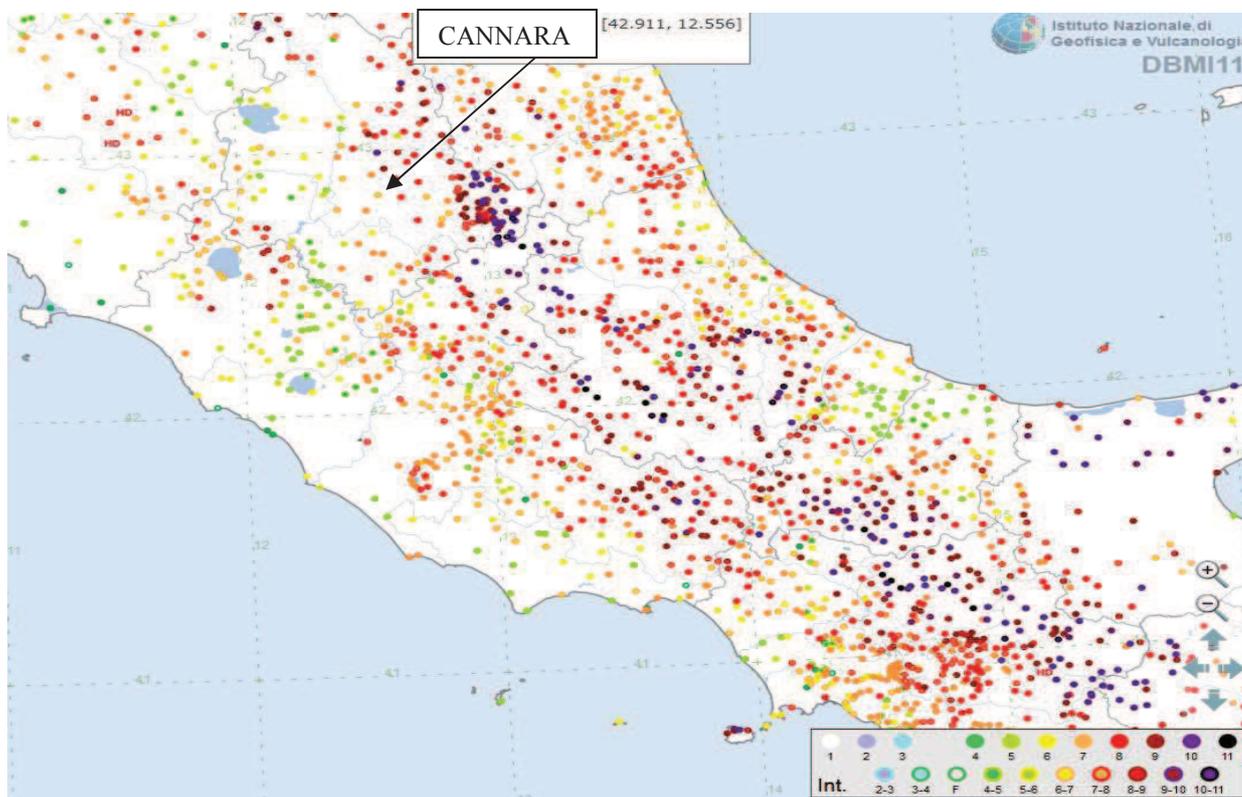


La massima intensità macrosismica storicamente osservata nel sito di Cannara è riconducibile al IX grado della MCS, in occasione del terremoto avvenuto nel 01/13/1832 con area epicentrale localizzata nella Valle del Topino.

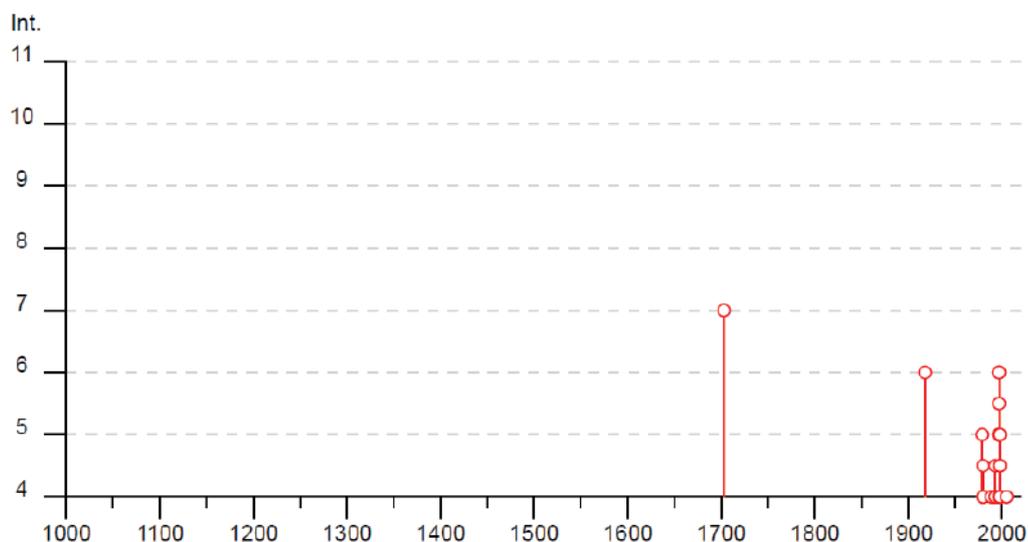
Successivamente sono stati estrapolati dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI04), i terremoti con epicentro localizzato in un raggio rispettivamente di 20 Km e 200 Km di distanza dal Comune di Cannara. Il CPTI copre una finestra temporale tra il 212 a.c. ed il 2002 e contiene eventi con intensità epicentrale 10 maggiore di V-VI MCS (il VI grado della scala MCS rappresenta la soglia minima per cui si possono avere effetti sui manufatti).

I risultati di tali ricerche mostrano che gli eventi che ricadono ad una distanza inferiore o uguale a 20 Km sono avvenuti in prossimità dell'area in esame ed hanno una magnitudo inferiore a 6. Distanze comprese tra i 20 Km ed i 50 Km sono caratterizzate da eventi localizzati nell'Appennino umbro-reatino, con magnitudo prossime o superiori a 6.

Per distanze dai 30 Km ai 100 Km si hanno eventi con origine nelle strutture sismogenetiche dell'Appennino Umbro Marchigiano, es. terremoto di Camerino del 30/04/1279 (Mw=6.3); es. terremoto di Gualdo Tadino del 27/07/1751 (Mw=6.3). Distanze maggiori ai 100 Km sono caratteristiche di eventi localizzati nell'Appennino Abruzzese es. terremoto Aquilano del 09/09/1349 (Mw=6.5). Per alcuni eventi che testimoniano la storia sismica dell'area oggetto di studio vengono riportati i seguenti prospetti di riferimento:



Lottizzazione Politi - Collemancio
Microzonazione sismica L2



La storia degli eventi sismici che hanno interessato il territorio della Valle Umbra viene riportata nei cataloghi sismici di cui al precedente paragrafo. Tali eventi sono riconducibili dal punto di vista sismotettonico ad alcune caratteristiche strutturali del territorio circostante.

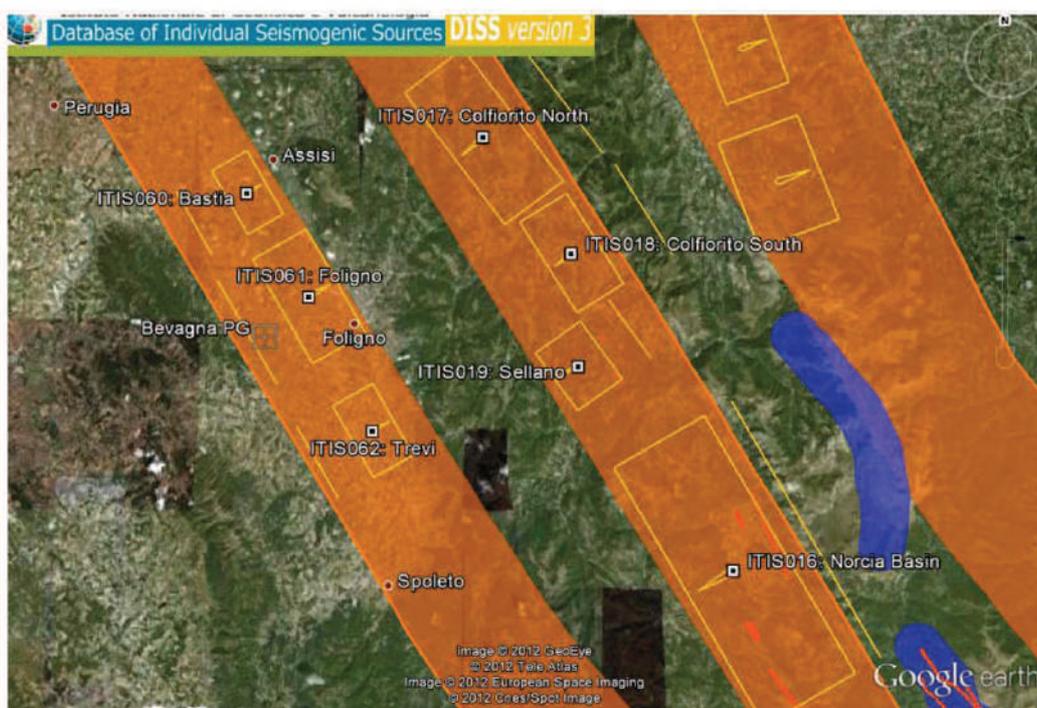
L'elemento di maggiore interesse è sicuramente la presenza, nell'area sismotettonicamente significativa per il sito, della parte centrale della dorsale appenninica (Appennino umbro-marchigiano, umbro-reatino e abruzzese) interessata prevalentemente da una attività tettonica di tipo distensivo. La sismicità storica e strumentale dell'Appennino umbro-marchigiano e umbro reatino sembra fortemente controllata dalla geometria di una faglia diretta immergente ad Est, la Faglia Altotiberina (FA). La faglia ha una inclinazione media di 30° verso NE e rappresenta lo scollamento basale di faglie quaternarie sismogenetiche immergenti verso SW. La traccia di superficie della faglia Altotiberina separa un settore quasi asismico ad Ovest, a letto della FA, da un settore in distensione interessato da attività sismica ad Est, al tetto della FA. Le faglie sintetiche ed antitetiche al tetto della FA, a loro volta, consentono di suddividere il settore in distensione in una serie di blocchi strutturali. A partire da Nord, le strutture riconosciute sismotettonicamente attive (Galardini et al., 2000) che si incontrano sono le faglie denominate Alta Val Tiberina Ovest e Alta Val Tiberina Est;

procedendo verso sud si incontrano le faglie di Gubbio, Gualdo Tadino, Colfiorito e Norcia.

Un quadro sintetico delle sorgenti sismogenetiche attive nell'area di interesse può essere estratto dal "Of Individual Seismogenic Sources " (DISS) versione 3.1.0 (DISS Working Group, 2009; Basili et al., 2008). Si può osservare come la città di Foligno è ubicata nelle immediate vicinanze della Sorgente Sismogenetica ITCS037 caratterizzata da una $M_w=6,2$. In particolare in un raggio di 20 Km dal sito in esame si trovano due Sorgenti Sismogenetiche Individuali Trevi e Foligno caratterizzate rispettivamente da $M_w=5,5$ e $M_w=5,8$.

Di seguito è riportata una mappa dell'area di interesse con l'ubicazione delle più vicine Sorgenti Sismogenetiche Individuali e per ogni sorgente sismogenetica sono riassunti i principali parametri geometrici della faglia (lunghezza e larghezza) e la massima magnitudo momento M_w associata.

CODICE DISS	NOME	LUNGHEZZA (Km)	PROFONDITA' (Km)	M_w
ITIS062	TREVI	7	2-4,3	5,5
ITIS061	FOLIGNO	10,2	2-5	5,8
ITIS060	BASTIA	6,2	2-4	5,4
ITIS017	COLFIORITO Nord	14	3,4-8,5	6
ITIS018	COLFIORITO Sud	9	4-7,8	5,7
ITIS019	SELLANO	6	2,5-6,5	5,6
ITIS038	GUBBIO Nord	10	2,5-4,9	6
ITIS037	GUBBIO Sud	10	4-6,4	6



Comune (ISTAT 2015) Foligno 0
 Provincia Perugia
 Regione Umbria
 Numero di eventi riportati 38

Effetti		In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	MW	
7	1703	01	14	18			Valnerina	197	11	6.92	
2-3	1895	05	20	15	32	5	Valle Umbra	27	5-6	4.49	
NF	1897	09	12	00	55		Valle Umbra	12	5	4.19	
6	1918	04	14	01	56		Monti Martani	21	6	4.48	
3	1956	10	07	19	12	4	Aquilano	19	5	4.46	
3	1960	02	06	12	00	3	Valle Umbra	11	5	4.18	
5	1979	09	19	21	35	3	Valnerina	694	8-9	5.83	
4	1980	02	28	21	04	4	Valnerina	146	6	4.97	
4-5	1980	05	24	20	16	0	Monti Sibillini	58	5-6	4.48	
4	1980	11	23	18	34	5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81	
3	1985	09	09	04	45	2	Orvietano	20	4-5	3.81	
4	1989	12	22	06	48	1	Valle Umbra	114	5	4.44	
2-3	1990	09	12	02	59	4	Valle Umbra	62	5-6	4.12	
3	1992	02	18	09	20	2	Valle Umbra	13	5	3.48	
4	1993	06	04	21	36	5	Valle del Topino	90	5-6	4.39	
4-5	1993	06	05	19	16	1	Valle del Topino	326	6	4.72	
5	1997	05	12	13	50	1	Monti Martani	57	6	4.72	
3	1997	07	15	08	51	1	Appennino umbro-marchigiano	22	4-5	3.34	
NF	1997	09	07	23	28	0	Appennino umbro-marchigiano	57	5-6	4.19	
NF	1997	09	09	16	54	4	Appennino umbro-marchigiano	39	5-6	3.78	
NF	1997	09	10	06	46	5	Appennino umbro-marchigiano	47	5	3.85	
6	1997	09	26	00	33	1	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66	
6	1997	09	26	09	40	2	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97	
5	1997	10	03	08	55	2	Appennino umbro-marchigiano	490		5.22	
5-6	1997	10	06	23	24	5	Appennino umbro-marchigiano	437		5.47	
5	1997	10	14	15	23	1	Valnerina	786		5.62	
3-4	1997	10	23	08	58	4	Appennino umbro-marchigiano	56		3.86	
4	1997	11	09	19	07	3	Valnerina	180		4.87	
4	1998	02	07	00	59	4	Appennino umbro-marchigiano	62		4.41	
4-5	1998	03	21	14	45	0	Appennino umbro-marchigiano	141		5.00	
5	1998	03	26	16	26	1	Appennino umbro-marchigiano	409		5.26	
4-5	1998	04	05	15	52	2	Appennino umbro-marchigiano	395		4.78	
4	1998	06	02	23	11	2	Appennino umbro-marchigiano	83		4.25	
2	2000	06	22	12	16	3	Bacino di Gubbio	107	5	4.47	
2	2000	09	02	05	17	0	Appennino umbro-marchigiano	115	5	4.40	
NF	2000	12	16	07	31	0	Ternano	129	5-6	4.29	
4	2005	12	15	13	28	3	Val Nerina	350	5	4.14	
NF	2006	10	21	07	04	1	Anconetano	287	5	4.21	

3. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA DELLA VALLE UMBRA MERIDIONALE

L'evoluzione geo-strutturale che ha determinato la formazione dell'Appennino Umbro-Marchigiano ha contribuito a delineare l'attuale assetto geologico e geomorfologico dell'area dove sorge la città di Cannara. Di seguito verrà presentata una breve sintesi cronologica delle fasi tettoniche relative alla complessa storia deformativa che ha interessato, a scala regionale, la zona in studio.

Una fase di sforzi distensivi, legati all'apertura dell'Oceano Ligure-Piemontese, ha determinato lo smembramento della piattaforma carbonatica alla fine del Liassico inferiore condizionando la sedimentazione e determinando così la diversificazione delle formazioni caratterizzanti la struttura dell'Appennino Umbro-Marchigiano.

Una nuova fase di sforzi distensivi nell'era alto Cretacica-Paleocenica produceva degli effetti notevoli sulla sedimentazione con un incremento degli apporti clastici, dei rimaneggiamenti e della franosità sottomarina con la conseguente formazione di colate torbiditiche. In questo periodo svolge un ruolo fondamentale la faglia traspressiva della Valnerina che determina importanti cambiamenti in questa parte dell'Appennino centrale.

Una fase di sforzi compressivi producono, in un arco di tempo compreso tra il Miocene medio ed il Pliocene inferiore, la formazione di una serie di domini strutturali che, nel corso di successivi movimenti, vengono progressivamente deformati con la formazione di pieghe e sovrascorrimenti. In questo periodo si forma il sovrascorrimento di Spoleto che si estende su di un'area di circa 20 kmq mettendo in contatto, secondo una superficie sub-orizzontale, le formazioni Giurassiche che vengono sovrapposte a quelle più recenti del periodo Cretacico.

Nel Plio-Pleistocene, nell'area Umbro-Marchigiana, si assiste al passaggio dall'ambiente prevalentemente marino a quello continentale. Il Pliocene medio è caratterizzato dalla fine quasi totale dei fenomeni tettonici compressivi e trascorrenti nell'intera fascia Tosco-Umbra e nel Pliocene superiore si hanno ambienti marini nella sola parte occidentale dell'Umbria e nella fascia costiera delle Marche.

Dalla fine del Pliocene ad oggi il trend delle dinamiche deformative cambia con l'attivazione di un campo di sforzi distensivi che modificano i rilievi precedentemente enucleatesi, determinando la formazione di graben e bacini intermontani. Nell'ambito di tale evoluzione la rete idrografica subisce profonde modifiche e un processo di ringiovanimento, con un aumento del trasporto solido che porterà al progressivo riempimento dei bacini intermontani (il più importante dei quali è il "Bacino Tiberino" (Lotti, 1926)). Nell'area della valle umbra meridionale (di cui fa parte l'attuale pianura Spoletino-Folignate) il processo descritto produce un'ampia copertura di depositi continentali, la cui sedimentazione avviene in ambiente fluvio-lacustre e palustre, poggianti in discordanza angolare con il substrato litoide Pre-Pliocenico.

La ricostruzione paleogeografia del reticolo fluviale (Gregori L. & Cattuto C. (1986)) ha contribuito a delineare con maggior dettaglio gli eventi di tettonica recente che hanno portato all'evoluzione attuale dell'area in studio. In particolare, alla fine della fase compressiva (Miocene – Pliocene) dai rilievi ad andamento appenninico defluivano i corsi d'acqua che andavano ad impaludare l'area depressa compresa tra i Monti Martani e i Monti di Campello (Bacino Tiberino). All'inizio della fase distensiva (Pliocene – Pleistocene), quella che oggi è la conca Spoletino-Folignate subì un notevole approfondimento a causa delle numerose faglie dirette che si attivarono. Tali marcati cambiamenti determinarono una brusca fase di ringiovanimento del ciclo erosivo dei corsi d'acqua che scaricarono entro il "Bacino Tiberino" grandi quantità di detriti. In tale ambiente sedimentario si accumularono, al piede dei rilievi montuosi, una fascia di depositi pedemontani spesso caotici, mal classati alternati a potenti livelli limoso-argillosi di deposizione alluvionale e/o lacustre-palustre.

E' in questo periodo che la tettonica influenzò notevolmente l'idrografia superficiale della zona e la formazione della valle principale su cui si è impostato il Torrente Puglia. I corsi d'acqua ampliarono e modellarono la valle accumulando ingenti quantità di materiale più minuto, fino al colmamento di alcune depressioni creatasi.

Alla fine del Pleistocene (?) il reticolo idrografico generale risulta delineato principalmente così come è oggi visibile. I fenomeni di sollevamento successivi, in

questa parte dell'Appennino centrale, determinarono un sollevamento dei vecchi apparati deltizi che oggi riconosciamo nei rilievi collinari presenti nel Comune di Cannara.

4. CONSIDERAZIONI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 1

Le specifiche tecniche e gli standard di riferimento con cui è stato condotto lo studio di MS di livello 1, sono gli Indirizzi e Criteri generali per la Microzonazione Sismica del Dipartimento della Protezione Civile Nazionale (ICMS) approvati il 13 novembre 2008 dalla Conferenza delle regioni e delle Province autonome;

Lo studio di MS di Livello 1 rappresenta un grado propedeutico a successivi studi di MS (livello 2 e 3) e si è sviluppato con la raccolta organica e ragionata dei dati di natura geologica, geofisica e geotecnica preesistenti e acquisiti al fine di rappresentare l'area in microzone qualitativamente omogenee dal punto di vista del comportamento sismico.

Nello specifico lo studio di Microzonazione Sismica L1, sull'area da lottizzare in esame, ha permesso di individuare la seguente zona:

- **Zona stabile suscettibile di amplificazione sismica:** è una zona in cui il moto sismico viene modificato a causa delle caratteristiche litostratigrafiche e/o geomorfologiche del territorio;

4.1 CONSIDERAZIONI GEOLOGICO-TECNICHE

Nello studio effettuato per la microzonazione sismica L1 sono state acquisite da precedenti studi e cartografie informazioni riguardanti i litotipi affioranti, distinti in primis tra terreni di copertura e substrato geologico (nel caso del presente lavoro, substrato considerato rigido e non rigido).

Sono state inoltre analizzate le forme di superficie ritenute significative quali conoidi, orli di scarpate morfologiche con altezza compresa tra 10 e 20 metri e creste, oltre ad elementi tettonico-strutturali quali faglie dirette non attive.

Sono stati altresì acquisiti i seguenti elementi geologici ed idrogeologici:

- giaciture degli strati;

- ubicazione di sondaggi che hanno raggiunto il substrato (con indicazione della profondità ove il substrato è stato rinvenuto) e ubicazione di sondaggi che non hanno raggiunto il substrato (con indicazione della massima profondità raggiunta dalla perforazione);
- misure della profondità della falda con relativa indicazione della profondità della superficie libera a partire dal piano campagna. Tale misure hanno permesso di individuare la falda ad una profondità di 40 - 50 m dal piano campagna.

4.2. CONSIDERAZIONI SULLA CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE

Nella Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) è stata rappresentata da una area, individuata sulla base di osservazioni geologiche e geomorfologiche e in relazione all'acquisizione, valutazione ed analisi dei dati ottenuti dalle indagini geognostiche e geofisiche eseguite in sito e da quelle pregresse.

Di particolare importanza a questo scopo è risultata la ricostruzione del modello geologico-tecnico dell'area, l'individuazione dei litotipi costituenti il substrato rigido (ovvero dei materiali caratterizzati da valori delle velocità di propagazione delle onde di taglio S significativamente maggiori di quelli relativi alle coperture localmente presenti) e la stima di massima del contrasto di impedenza sismica atteso.

Dalla carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica sono state individuate pertanto:

ZONE STABILI

- **Zona 1:** è caratterizzata da un terreno vegetale avente uno spessore variabile tra 0,8 – 1,0 m e da un orizzonte di terreno eluvio-colluviale con spessori < 2 m; tale situazione litostratigrafica comunque non genera contrasti di impedenza sismica elevati.

5. CONSIDERAZIONI STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 2

Le specifiche tecniche e gli standard di riferimento con cui è stato condotto lo studio di MS di livello 2 sono quelle riportate dagli Indirizzi e Criteri generali per la Microzonazione Sismica del Dipartimento della Protezione Civile Nazionale (ICMS) approvati il 13 novembre 2008 dalla Conferenza delle regioni e delle Province autonome;

5.1. CONSIDERAZIONI GEOLOGICO-TECNICHE

Nello studio effettuato per la microzonazione sismica L2 sono stati acquisiti dati dalle indagini eseguite in sito riguardanti i litotipi affioranti. Sono state inoltre analizzate le forme di superficie ritenute significative quali conoidi, orli di scarpate morfologiche oltre ad elementi tettonico-strutturali quali faglie. E' stata altresì analizzata la profondità della falda con relativa indicazione della profondità della superficie libera a partire dal piano campagna. Nell'area la falda acquifera è stata intercettata ad una profondità media di circa -40-50 m.

5.2. CONSIDERAZIONI SULLE INDAGINI EFFETTUATE

Le indagini geognostiche e le indagini geofisiche eseguite hanno permesso l'analisi della dispersione delle onde da misure di sismica attiva (e.g. Park et al., 1999) utili a definire i profili verticali della velocità di propagazione delle onde di taglio VS. Di seguito vengono riassunti i valori delle Vs ottenuti e la rispettiva categoria sismica prevista dalle NTC 2008:

Lottizzazione Collemancio MASW	VS ₅ (m/s)	Categoria di Sottosuolo
MASW 1	871	A
MASW 2	889	A

Vengono, inoltre, riportati per ogni stazioni di misura HVSR del rumore sismico ambientale i valori delle frequenze caratteristiche determinati:

Lottizzazione Collemancio HVSR	FREQUENZA caratteristica di sito (f_0)
HVSR ST1	43.9999 Hz
HVSR ST2	0.885996 Hz
HVSR ST3	0.739572 Hz
HVSR ST4	0.849548 Hz

5.3. CONSIDERAZIONI SULLA CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA

Lo studio di Microzonazione Sismica di secondo livello del sito di lottizzazione è stato redatto secondo gli Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica vigenti.

5.3.1. Valutazione dell'Instabilità di versante

In cartografia non sono state riportate frane attive e/o quiescenti. Non sono stati inoltre evidenziati, durante i sopralluoghi, fenomeni gravitativi.

5.3.2. Valutazione degli effetti litologici

Per la valutazione degli effetti litologici, la normativa vigente, indica che per la microzonazione di 2° livello, si può fare ricorso a metodi semplificati che prevedono l'uso di abachi. Allo stato attuale non essendo disponibili abachi specifici per la Regione Umbria, vengono utilizzati quelli inseriti nel Volume "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica" della Protezione Civile Nazionale.

Gli abachi forniscono due valori di amplificazione sismica F_a ed F_v così definiti:

- **F_a** : fattore di amplificazione a basso periodo (determinato intorno al periodo proprio per il quale si ha il massimo della risposta in accelerazione);
- **F_v** : fattore di amplificazione a periodo proprio (per il quale si ha la massima risposta in pseudovelocità).

Per la valutazione di F_a ed F_v è necessario conoscere la litologia prevalente del sottosuolo nel sito considerato, l'andamento della velocità delle onde di taglio (V_s) con la profondità e la profondità del bedrock sismico. Gli abachi sono costruiti per tre diversi profili di velocità nel sottosuolo:

Profilo 1: velocità costante (VSH) lungo tutto lo spessore del deposito

Profilo 2: velocità crescente con la profondità con il gradiente massimo

Profilo 3: profilo di velocità crescente con la profondità con gradiente intermedio tra i due precedenti.

Sulla base delle conoscenze geologiche e geofisiche dell'area è stato scelto per il sito specifico il profilo di velocità crescente.

La stima dei Fa litostratigrafici è stata ottenuta tramite i valori di Vs ricavati dalle prove geofisiche di tipo MASW eseguite nell'area che hanno portato a definire la velocità media delle onde di tipo S della copertura e del substrato sismico. Gli spessori delle coperture, molto ridotte nell'area, sono state definite tramite prove di microtremore sismico HVSR (Nakamura).

Per quanto riguarda la litologia gli abachi nazionali che prevedono tre tipologie di depositi sciolti: ghiaie, sabbie e argille è stata scelta la litologia argille (coltre eluvio colluviale). Tale scelta è stata applicata, oltre che nella classificazione litologica, anche in quella relativa alla Vs e alla profondità del substrato senza utilizzare i metodi classici di interpolazione che, a parere dello scrivente, trovano scarsa importanza nel caso specifico, vista la elevata variabilità litostratigrafica non ben rappresentata dalle classificazioni proposte.

5.3.3. Scelta ed utilizzo degli Abachi

Per i territori considerati nel corso del presente studio è stato utilizzato il profilo con gradiente costante. Infine, gli abachi forniscono i valori di amplificazione per tre classi di ag: 0,06g, 0,18g, 0,26g. Per l'area in esame sono stati utilizzati gli abachi riferiti al valore di 0,18g.

Modello del sottosuolo: Il modello di sottosuolo si riferisce a un deposito stratificato di terreni omogenei deformabili, sovrastante un terreno più rigido avente $V_s = 800$ m/s (bedrock sismico).

Spessore del deposito: Lo spessore totale del deposito di terreni soffici (H).

La velocità equivalente del deposito di terreni soffici $V_s H$.

E' stato considerato come profilo di velocità quello a velocità crescente con la profondità con il gradiente costante ed intermedio.

Velocità del bedrock sismico: La velocità del bedrock sismico è fissata sempre uguale a 800 m/s.

Nella tabella seguente sono riportati i dati che permettono di valutare i relativi Fattori di amplificazione.

<i>Località</i>	<i>Profondità Substrato (m)</i>	<i>Vseq (m/s)</i>	<i>Vs Substrato (m/s)</i>	<i>Fa</i>	<i>Fv</i>
<i>Lottizzazione Collemancio</i>	2-3		>800	1,01 – 1.01	1,0

Tabella: Range dei valori dei Fattori Fa e Fv determinati.

Nella Carta della Microzonazione Sismica allegata è riportato il solo valore di Fa data l'omogeneità sismostratigrafica riscontrata sul sito da lottizzare.

5.3.4. Limiti di utilizzo degli abachi per amplificazioni litostratigrafiche

Lo studio ha seguito un approccio di tipo quantitativo e ha fornito una stima della risposta sismica locale in termini di fattori di amplificazione. L'utilizzo degli abachi è stato possibile in quanto l'assetto geologico e geotecnico è assimilabile a un modello fisico monodimensionale, cioè a n strati piani, orizzontali, paralleli, continui, di estensione infinita, omogenei a comportamento viscoelastico. Ogni strato è caratterizzato dallo spessore h , dalla densità ρ , dal modulo di taglio iniziale G_0 e da curve di decadimento del rapporto di smorzamento (D). Questi strati giacciono sul basamento sismico (bedrock).

Nel studio effettuato si è potuto riscontrare principalmente:

- substrato geologico costante con strati piano-paralleli
- successioni stratigrafiche con terreni aventi incremento di rigidità con la profondità
- non sono presenti aree soggette ad instabilità.

In base a quanto esposto, quindi, l'utilizzo degli abachi si può ritenere utilizzabile.

6. CONSIDERAZIONI FINALI

Lo studio effettuato ha avuto come scopo quello di valutare la pericolosità sismica locale attraverso l'individuazione di zone del territorio caratterizzate da comportamento sismico omogeneo. Tale studio di microzonazione sismica di 1° e di 2° Livello ha pertanto individuato e caratterizzato l'area di lottizzazione come zona stabile suscettibile di amplificazione locale del moto sismico.

Dalle indagini si è constatato che lo spessore della terreno vegetale risultano essere assai modesto mentre il terreno sottostante è caratterizzato da buoni parametri geotecnici anche se sensibilmente variabili sia in senso verticale (profondità) che orizzontale.

Per la valutazione degli effetti litologici, la normativa vigente, indica che per la microzonazione di 2° livello, si può fare ricorso a metodi semplificati che prevedono l'uso di abachi. Non essendo disponibili abachi specifici per la Regione Umbria, vengono utilizzati quelli inseriti nel Volume *“Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica”* della Protezione Civile Nazionale.

I fattori determinati in base a tali abachi hanno fornito i seguenti valori di amplificazione sismica F_a ed F_v :

- **F_a** : fattore di amplificazione a basso periodo (determinato intorno al periodo proprio per il quale si ha il massimo della risposta in accelerazione) pari a $F_a = 1,01 - 1,02$;
- **F_v** : fattore di amplificazione a periodo proprio (per il quale si ha la massima risposta in pseudovelocità) pari a $F_v = 1,0$;

Si tenga infine presente che la tipologia e l'ampiezza dello studio, delle indagini e relative considerazioni sono strettamente subordinate all'incarico ricevuto e pertanto non potrà essere generalizzato per interventi di altra entità e natura.

Si resta a disposizione per eventuali ulteriori chiarimenti o integrazioni.

Montefalco, 15 giugno 2019

Dott. Geol. Giorgio Leoni

<p style="text-align: center;">ALLEGATI</p>
--

ALLEGATO A

Stralcio Ortofotocarta con ubicazione delle indagini dalla scala 1:5.000

ALLEGATO B

Carta delle frequenze dalla scala 1:2.000

ALLEGATO C

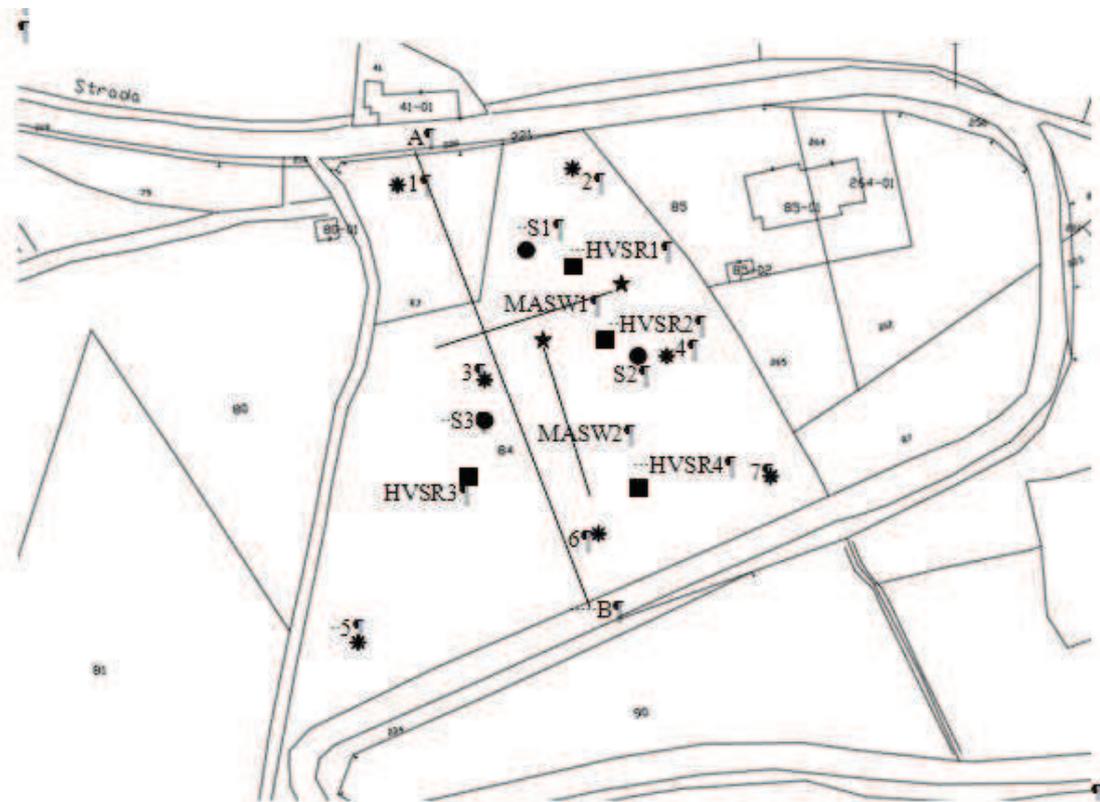
Carta delle MOPS - Microzonazione sismica L1 dalla scala 1:2.000

ALLEGATO D

Carta dei Fattori di amplificazione - Microzonazione sismica L2 dalla scala 1:2.000

ALLEGATO A

**Stralcio ortofotocarta con ubicazione delle indagini
dalla scala 1:5.000**

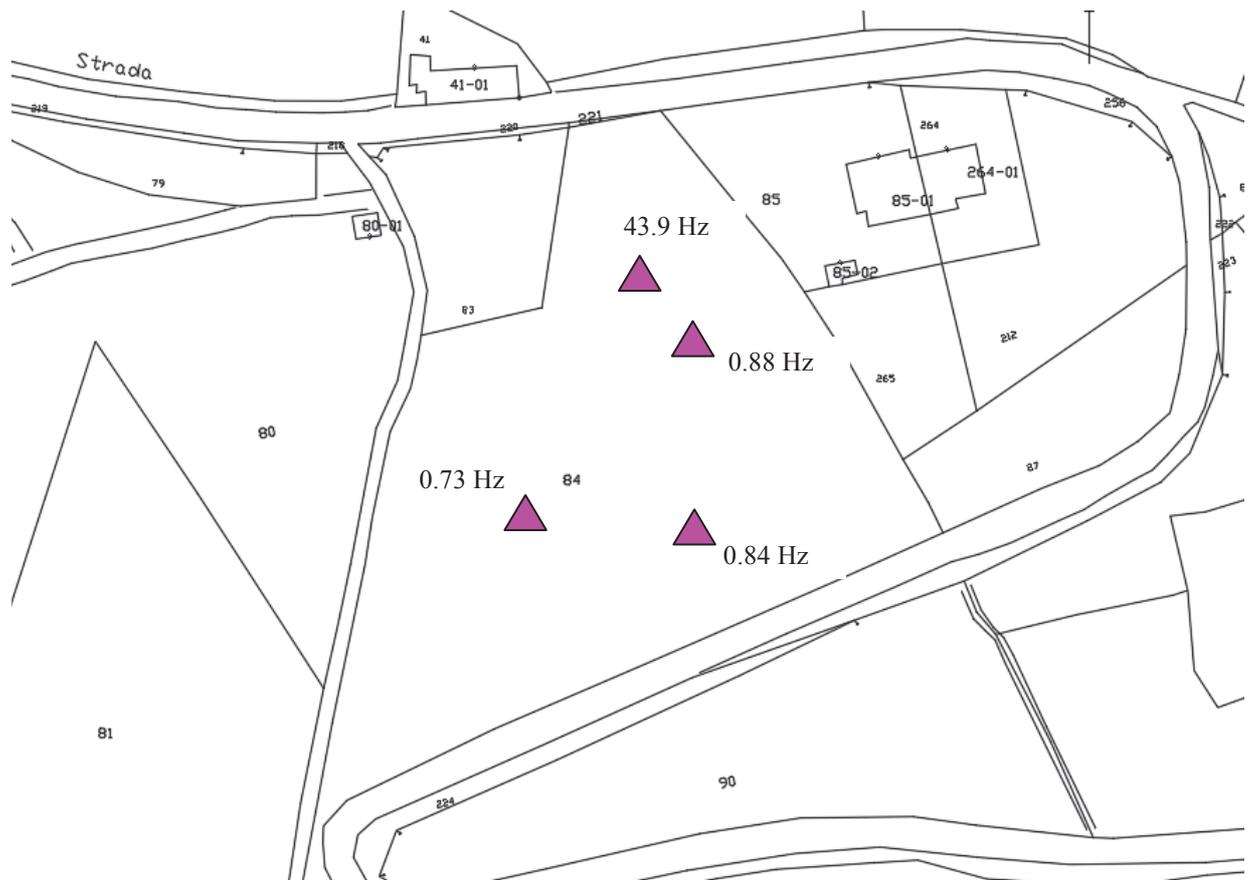


Ubicazione:

- sondaggi geognostici S1-S2-S3
- ★ sismiche a rifrazione superficiale di tipo MASW1 – MASW2
- stazioni HVSR1 – HVSR2 – HVSR3 – HVSR4
- * saggi (n. 7) con escavatore meccanico
- / Sezione A-B per verifica di stabilità

ALLEGATO B

Carta delle Frequenze
dalla scala 1:2.000



LEGENDA

▲ HVSr (misura di microtremore)

ALLEGATO C

**Carta delle MOPS - Microzonazione sismica L1
dalla scala 1:2.000**

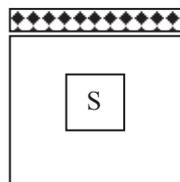


LEGENDA

Zona Stabile



Zona 1

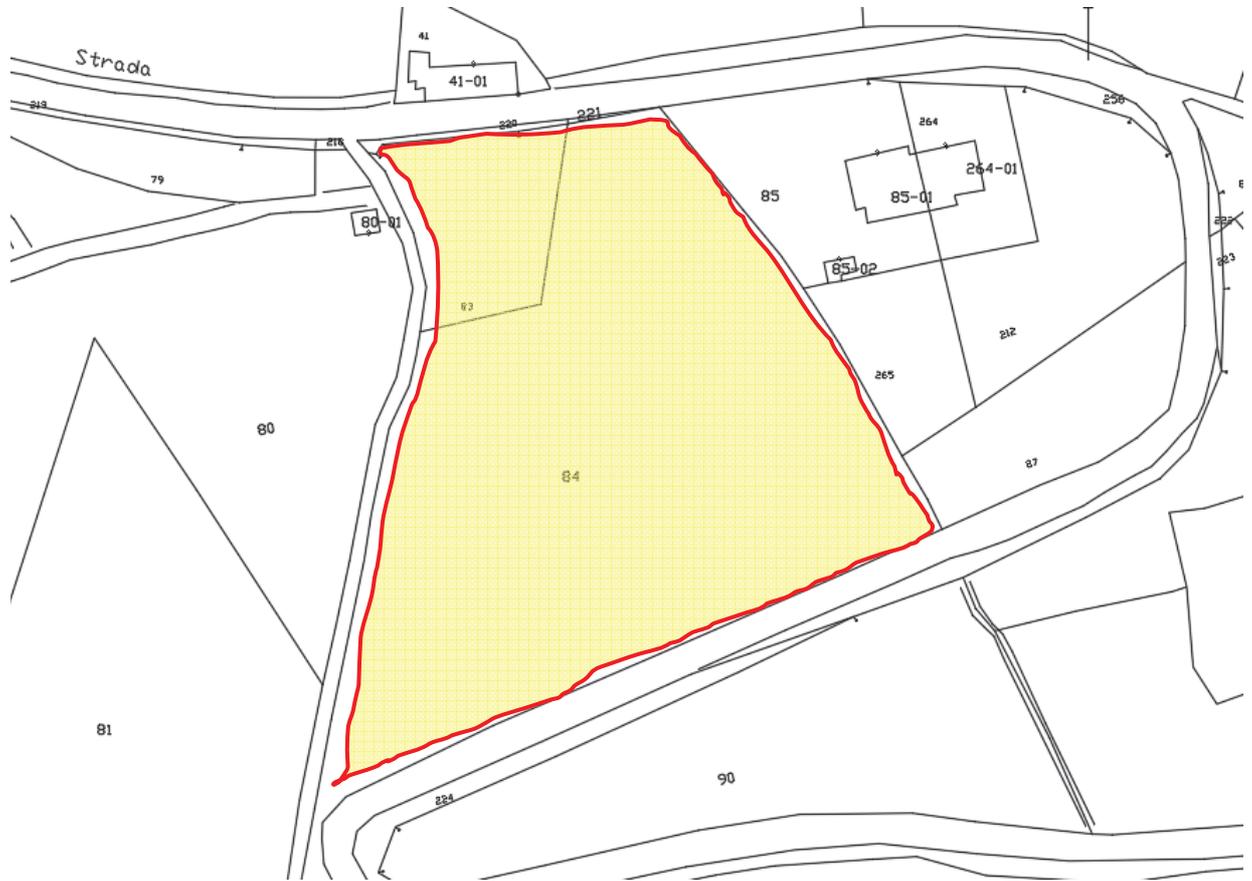


Terreno vegetale $h < 3$ m

Substrato sismico $h > 100$ m

ALLEGATO D

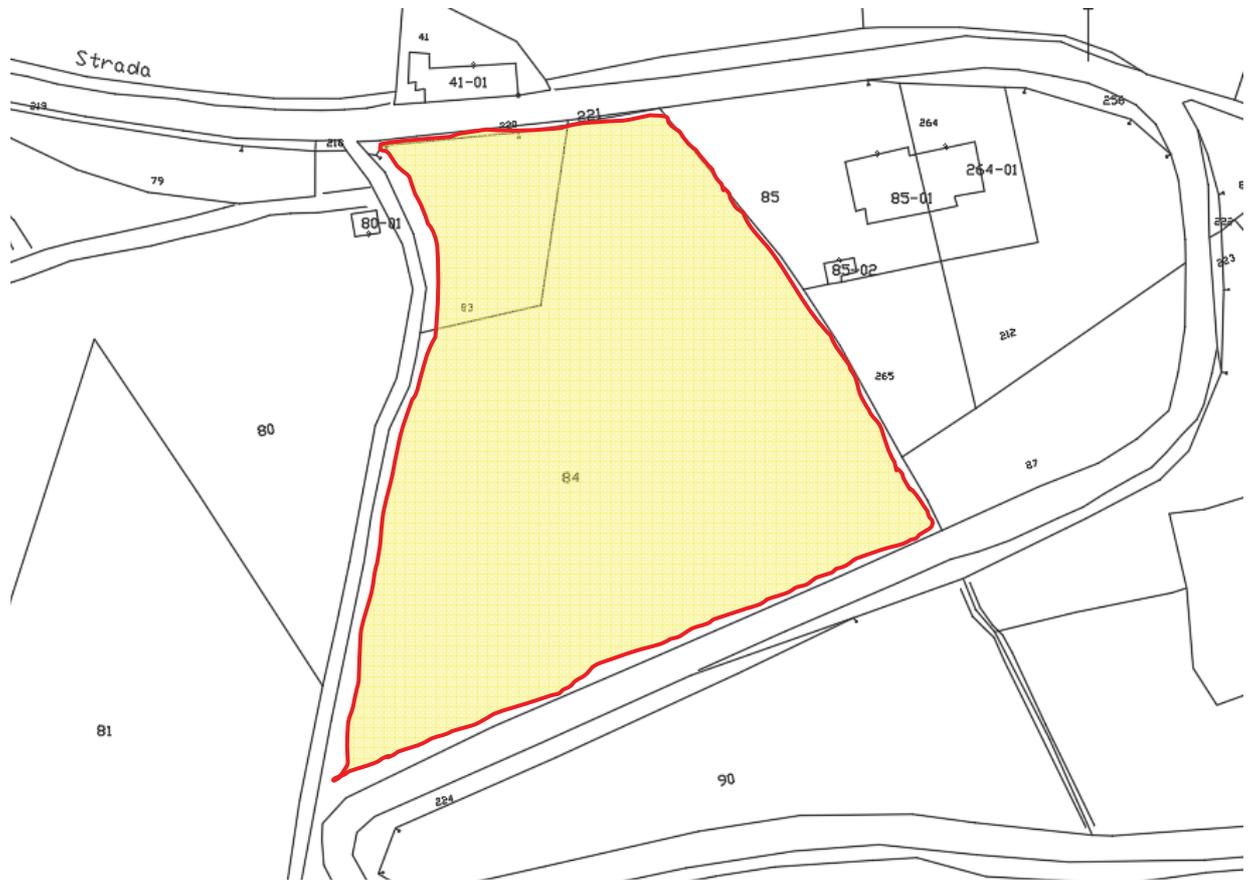
Carta Fattori di amplificazione - Microzonazione sismica L2
dalla scala 1:2.000



LEGENDA



FA= 1,01-1,02



LEGENDA



FV= 1,0

5. CONCLUSIONI

Da quanto sopra esposto, i sopralluoghi e le prove in sito, confermano per il sito condizioni geologiche, geomorfologiche e litologiche come di seguito descritte:

- il sito è morfologicamente in buon equilibrio, infatti nell'area non si evidenziano fenomeni d'instabilità in atto, come mostrato anche dalla consultazione della carta IFFI. PAI e regionale;
- le indagini eseguite in sito, con sonda a rotazione, hanno dimostrato la presenza di depositi appartenenti alla formazione della Marnoso-Arenacea fino a profondità superiori a 100 m dal p.c.;
- la categoria topografica risulta T1;
- la categoria di sottosuolo risulta di tipo A, come da indagini MASW eseguite, data una velocità di propagazione delle onde $V_{S_{eq}} = 871-889$ m/sec;
- data l'assenza di una falda idrica nei primi 40 m dal p.c. e la granulometria dei depositi investigati, è scongiurato il rischio di liquefazione.



6. DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



S3



HVSR1



HVSR2



HVSR3



HVSR4



MASW1



MASW1



MASW2



MASW2



ACQUISIZIONE MASW



ACQUISIZIONE HVSR

