MARINI FRANCO
COMUNE DI PERUGIA
Dirigente uo Urbanistica
26.10.2020 16:53:32
UTC

COMUNE DI PERUGIA

Delocalizzazione area edificabile

ai sensi del p.to 2 dell'allegato "A" della D.G.R. n. 447/2008
aggiornata con D.G.R. n. 853/2015 avente
effetto di:

Variante al PRG - parte operativa

ai sensi dell'art. 32, comma 5, della L.R. 1/2015

Località San Proto - Montebello / Case nuove di Ponte della Pietra

RELAZIONE GEOLOGICA, MICROZONAZIONE SISMICA E ASPETTI IDRAULICI

Committente: Sig. Brizzi Pietro in qualità di legale rappresentante della società "LA LUNA NEL POZZO S.n.c. di Pietro Brizzi & C."

giovedì 6 giugno 2019

Il geologo Dott. Gianluca Bencivenga

PREMESSA

"L'intervento di delocalizzazione proposto risulta in linea con quanto stabilito al p.to 2 della DGR 447/2008 aggiornata con DGR 853/2015 e con quanto stabilito dalla DCC. n. 129/2010. Lo stesso intervento viene proposto come variante al PRG, Parte Operativa, da adottare in applicazione dell'art. 32 comma 5 della L.R. 1/2015.
La variante proposta in sintesi prevede:
La delocalizzazione di una SUC pari a mq 107 posta nel comparto "B1" (ubicato in loc. San Proto - Montebello, ricadente in zona a rischio frana R3), in una zona "Ppr" sita in loc. Case nuove di Ponte della Pietra, in cui sono presenti destinazioni d'uso: residenziale e ristorativa.
La riclassificazione della citata zona "B1" in zona "Ppr", rendendo il lotto inedificabile;
Le modifiche richieste attengono al PRG, Parte Operativa, in quanto:
Il trasferimento di una modesta quota di SUC, non comporta incremento del dimensionamento complessivo previsto dal PRG, Parte Strutturale, ne ulteriore incremento di consumo di suolo;
Il lotto su cui viene trasferita la SUC rientra nell'ambito degli insediamenti urbani (Art. 7 del TUNA), di competenza del PRG, Parte Operativa."

Su incarico di uno dei proponenti l'intervento, Sig.. Brizzi Pietro rappresentate legale della società La Luna nel Pozzo snc, è stato eseguito uno studio geologico idrogeologico e microzonazione sismica per un intervento di delocalizzazione di area edificabile da una zona a Rischio Frana R3 sita in località Montebello a un altro sito che si trova a Casenuove di Ponte della Pietra.
La variante è finalizzata ad eliminare una situazione di rischio secondo modalità espressamente previste dalla legge, trasferendo la SUC in una zona dotata delle necessarie infrastrutture, già edificata e urbanizzata.
La delocalizzazione è richiesta per motivi di sicurezza idrogeologica, in quanto l'area ricade nella fascia a rischio di frana R3 così come già indicato e certificato dal Comune di Perugia.
Pertanto la presente relazione ed i grafici allegati riguardano esclusivamente lo studio geologico, geomorfologico, idrogeologico, e di MICROZONAZIONE SISMICA eseguito per il progetto di VARIANTE al PRG compensativa per la rilocazione dei volumi edificabili in località Casenuove di Ponte della Pietra.
La normativa di riferimento, in particolare la D.G.R. n.377/2010 e s.s. detta i criteri per l'esecuzione degli studi di microzonazione sismica, punti 5 e 6 .

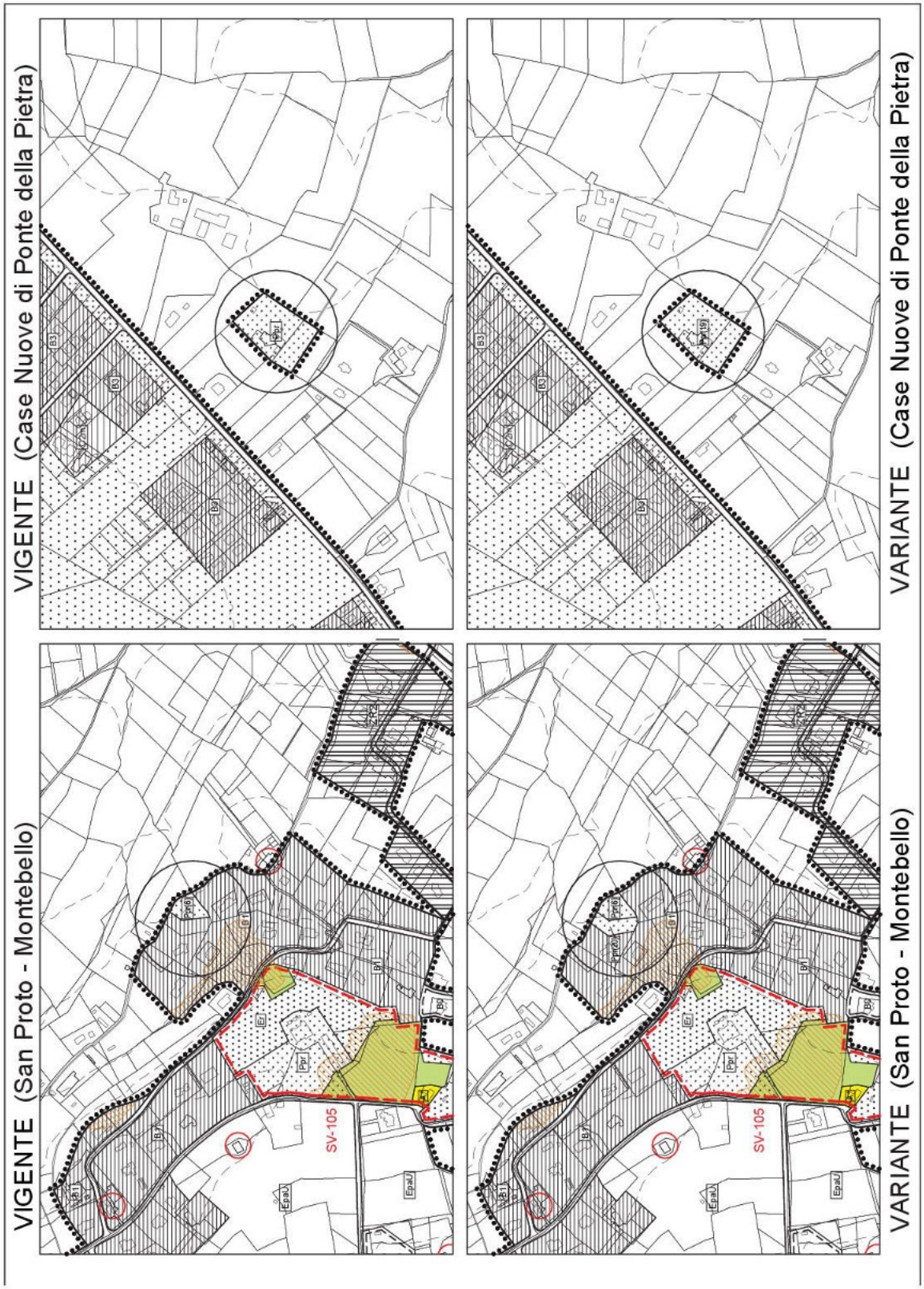


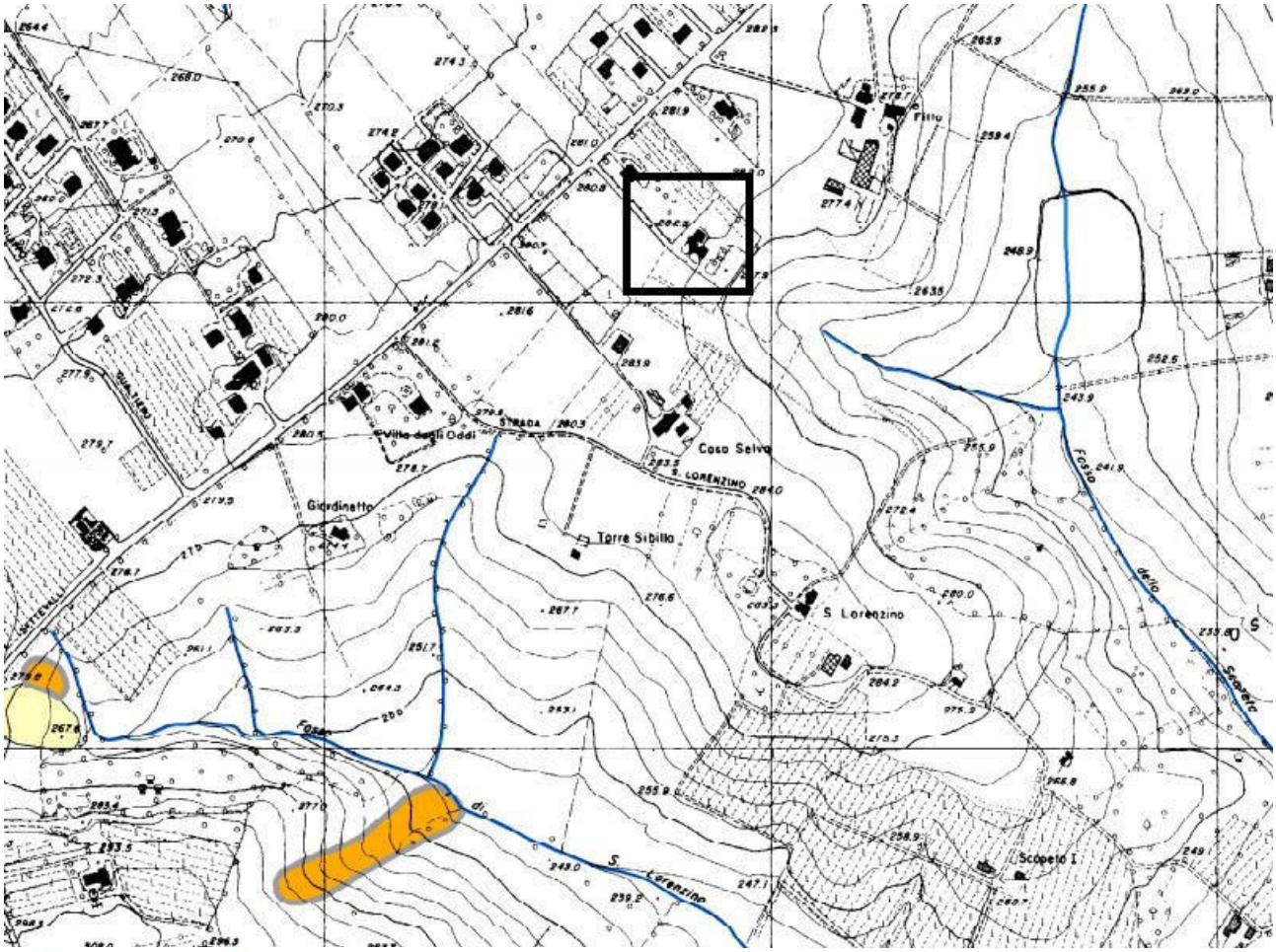
Fig.1 - Estratto di confronto tra il PRG vigente e quello di variante per le due aree in oggetto.

Lo studio di microzonazione sismica è stato condotto con le seguenti modalità:
Recupero dati a disposizione relativi a studi geologici, geotecnici e sismici (in particolare studi di microzonazione sismica eseguiti dalla Regione Umbria nel Comune di Perugia);
Rilievo geologico e geomorfologico di dettaglio dei terreni e dei luoghi;
Campagna di indagini geognostiche e sismiche.

Ubicazione e descrizione dell'area – caratteristiche geomorfologiche ed idrauliche

Fig.2 – Ubicazione su foto satellitare

L'area è ubicata nella periferia sud occidentale di Perugia, lungo via Settevalli, lato orientale, tra Casenove e Pila.
La Via segue la dorsale che fa da spartiacque tra la valle del Torrente Genna e quella del Torrente Caina, entrambi del bacino idrografico del F.Tevere/Nestore.
In particolare la proprietà è situata lungo il versante immergente verso il Torrente Genna, verso SW, ad una quota di 282m slm.
La densità di drenaggio del reticolo idrografico risulta medio alta per la presenza in generale di terre poco permeabili.
Le acque di ruscellamento raggiungono un piccolo fosso di scolo collegato al reticolo idrografico.
L'area risulta completamente stabile dal punto di vista idrogeologico, fuori da zone di dissesto o rischio (idraulico ed idrogeologico) segnalate nelle Cartografie di riferimento (PAI, PRG).
In particolare nella figura successiva tratta dal PRG di Perugia un estratto della planimetria "inventario" delle frane ricadenti nel Comune, in cui si evince che l'area non è interessata da forme di dissesto idrogeologico.
L'area rilevata di molti metri rispetto a corsi d'acqua è sicuramente esente anche da rischi idraulici.



Legenda

INVENTARIO FRANE PAI

- Movimenti franosi attivi
- Movimenti franosi evento neve 1997
- Movimenti franosi quiescenti
- Movimenti franosi incerti
- Movimenti franosi relitti

INVENTARIO FRANE IFFI

- Frane IFFI

Abitati ammessi a cosolidamento

- Frane art 61 D.P.R. 380/01 ex art. 2 L. 64/74

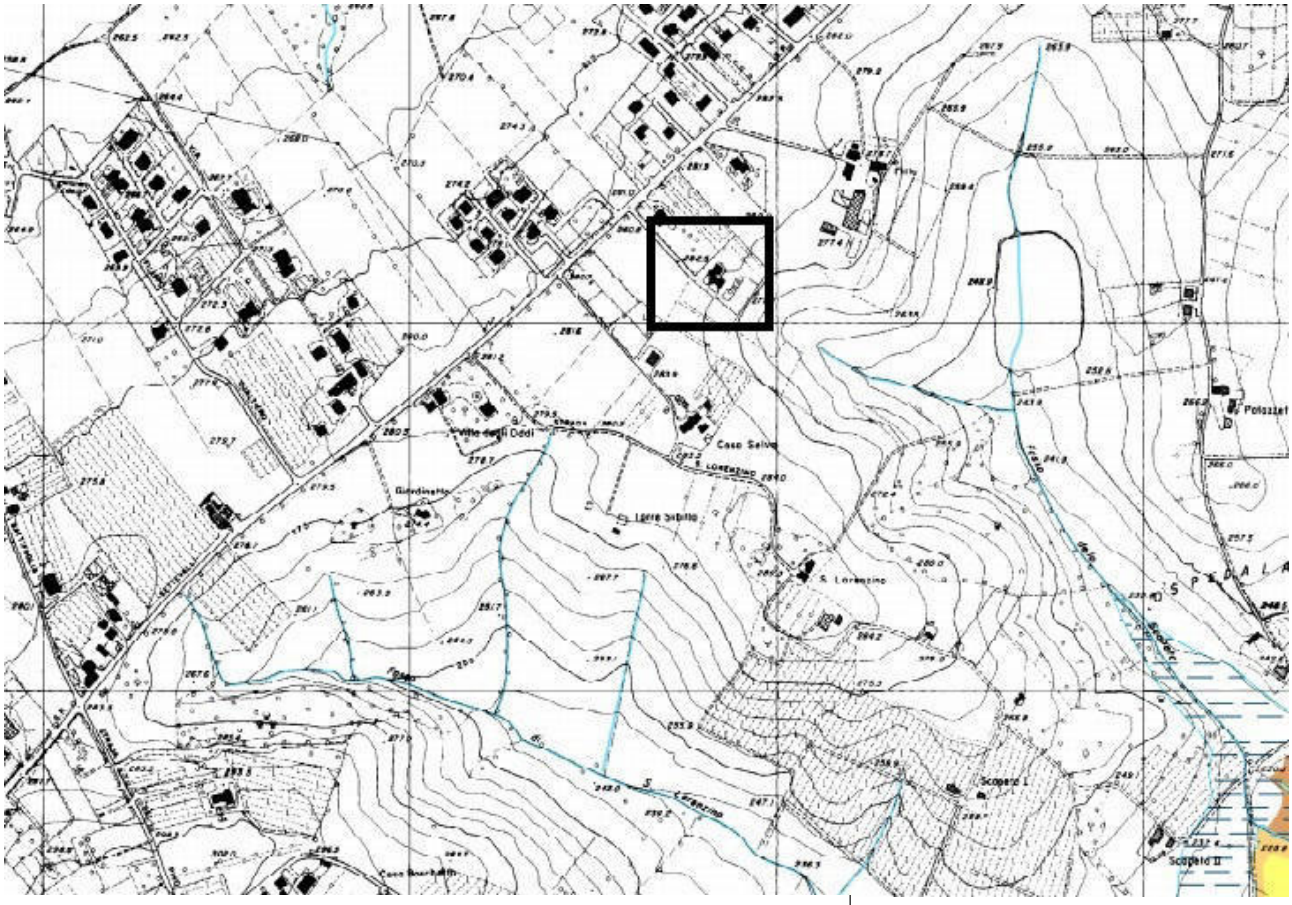
Rischio PAI

- Rischio R3

Pericolosità geologica da zoning PRG 2002

- Frane zone 8 PRG

Fig.3 – estratto dal PRG di Perugia - inventario frane



Legenda

PERICOLOSITA' E RISCHIO IDRAULICO DEL TEVERE PAI

Fasce	Tempi di ritorno	Rischio
A	50 anni	R4
B	200 anni	R3
C	500 anni	R2

PERICOLOSITA' CORSI D'ACQUA SECONDARI PAI bis

A	50 anni
B	200 anni
C	500 anni

PERICOLOSITA' ALTRI CORSI D'ACQUA
-STUDIO REGIONE UMBRIA
-STUDIO DEL COMUNE DI PERUGIA

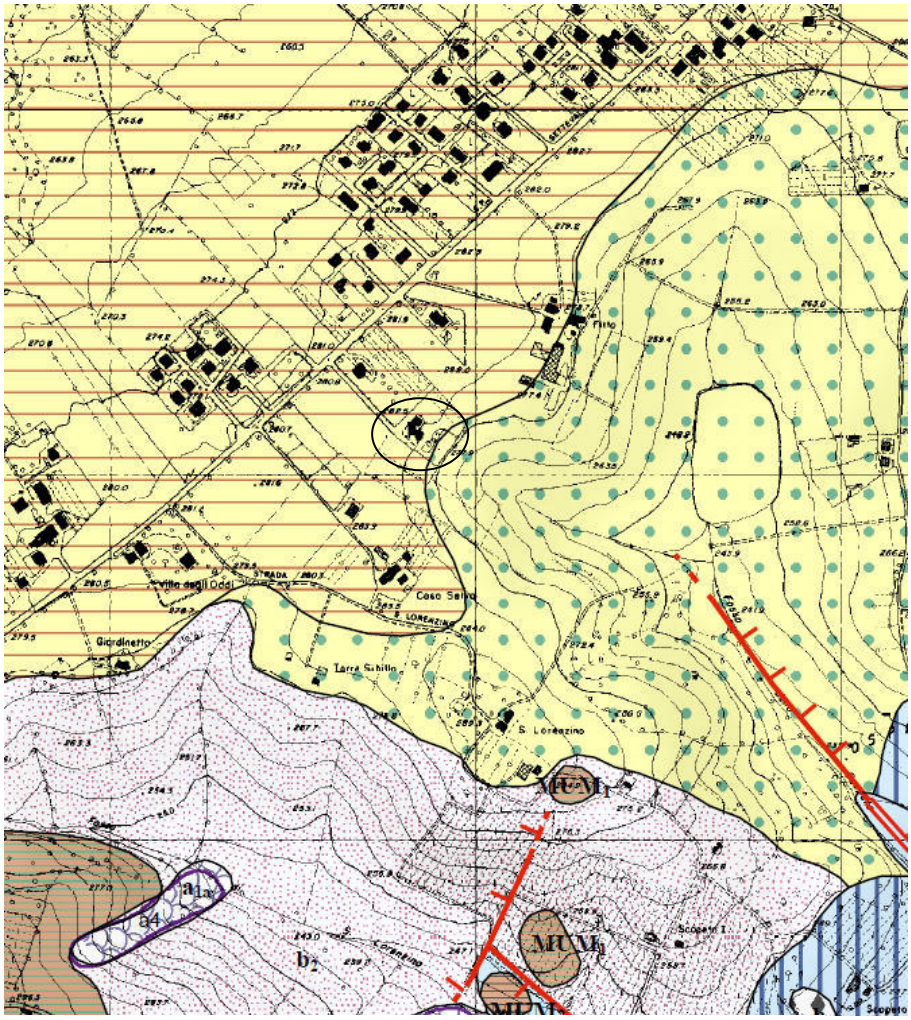
Aree a potenziale pericolosità idraulica
(Art. 141 TUNA)

Specchi acqua

Reticolo idrografico

Fig.4 – estratto dal PRG di Perugia – Rischio idraulico

3- CARATTERISTICHE GEOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE



UNITA' STRATIGRAFICHE SINTEMICHE

Sintema di Perugia

PGU_{5b} - Subsintema di Santa Sabina -
Litofacies di Castel del Piano

Affiora tra Ellera, Castel del Piano e S. Sisto.
Travertini prevalenti. Si possono distinguere due litofacies eteropiche. E' data da alternanze di livelli al massimo decimetrici di argille, sabbie, limi e sabbie calcaree. Nei limi e sabbie calcaree sono abbondanti molluschi, ostracodi e *Characeae*.
Ambiente deposizionale di tipo lacustre e palustre con prevalenza di quest'ultimo. Il contatto con il sottostante subsintema di Magione (litofacies di San Biagio). Le mammalofaune rinvenute comprendono specie riferibili all'Aureliano. Una datazione radiometrica con il metodo dei disequilibri dell'U e del Th ha fornito un'età di 115.000 +/- 8.000 anni.
Pleistocene superiore

PGU_{2a} - Subsintema di Magione - Litofacies di San Biagio

Affiora sulle due dorsali separate dal T. Genna che si protendono da Perugia verso SW.
Limi, limi argillosi, limi sabbiosi ed argille prevalenti con, nella parte alta, livelli torboso-lignitiferi e a luoghi nei campi, soprattutto nella porzione occidentale della dorsale marscianese e nell'area di Pila, pezzi di calcari micritici laminati e limi calcarei più o meno sciolti ricchi in modelli di gasteropodi dulcicoli e impronte di canne. Sabbie e ghiaie sono presenti sporadicamente nelle porzioni medio-inferiori del subsintema ed affiorano sulla dorsale marscianese, dove sono presenti anche livelli più argillosi (soprattutto verso E e verso S). Le sabbie sono prevalentemente fini e medie con buon sorting con livelli limosi e calcarei grigiastri e con lamine piane e incrociate da corrente. Le paleocorrenti evidenziano repentini cambi di flusso (fiumi intrecciati?).
Ambiente deposizionale di piana di inondazione sempre più distale nel tempo rispetto alle aste fluviali.
Presenza di ampi specchi lacustri, aree palustri e piccoli stagni con deposizione carbonatica.
Questa litofacies affiora in discordanza sul substrato ed è eteropica alla litofacies del Colle di Perugia.
Sondaggi geognostici effettuati ad occidente dell'area della carta hanno attraversato la parte medio-bassa del subsintema per più di 110 m senza arrivare al substrato, mentre altri sondaggi hanno attraversato la parte alta per 90 m.
Pleistocene inferiore

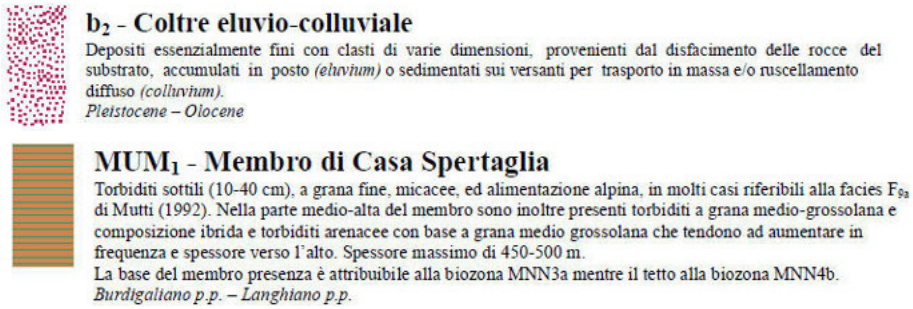


Fig.5 – estratto dalla Carta geologica di microzonazione sismica del Comune di Perugia

I terreni superficiali affioranti sono rappresentati da sedimenti terrigeni fluvio lacustri depositati in ambiente continentale che hanno colmato il bacino Plio –Pleistocenico, riferiti al Sintema di Perugia.
Si tratta di terre prevalentemente fini riferite al Sub-sintema di Santa Sabina, litofacies di Castel del Piano, che si sovrappone sul Subsintema di Magione – litofacies di San Biagio.
Di seguito si riporta la stratigrafia risultata dallo scavo di un pozzo realizzato vicino al fabbricato.
Come si può osservare sono presenti dei terreni limo argilloso sabbiosi sovrapposti alle argille grigio azzurre in lotofacies "S.Biagio".
Il substrato della Marnosa arenacea umbra risulta profondo.

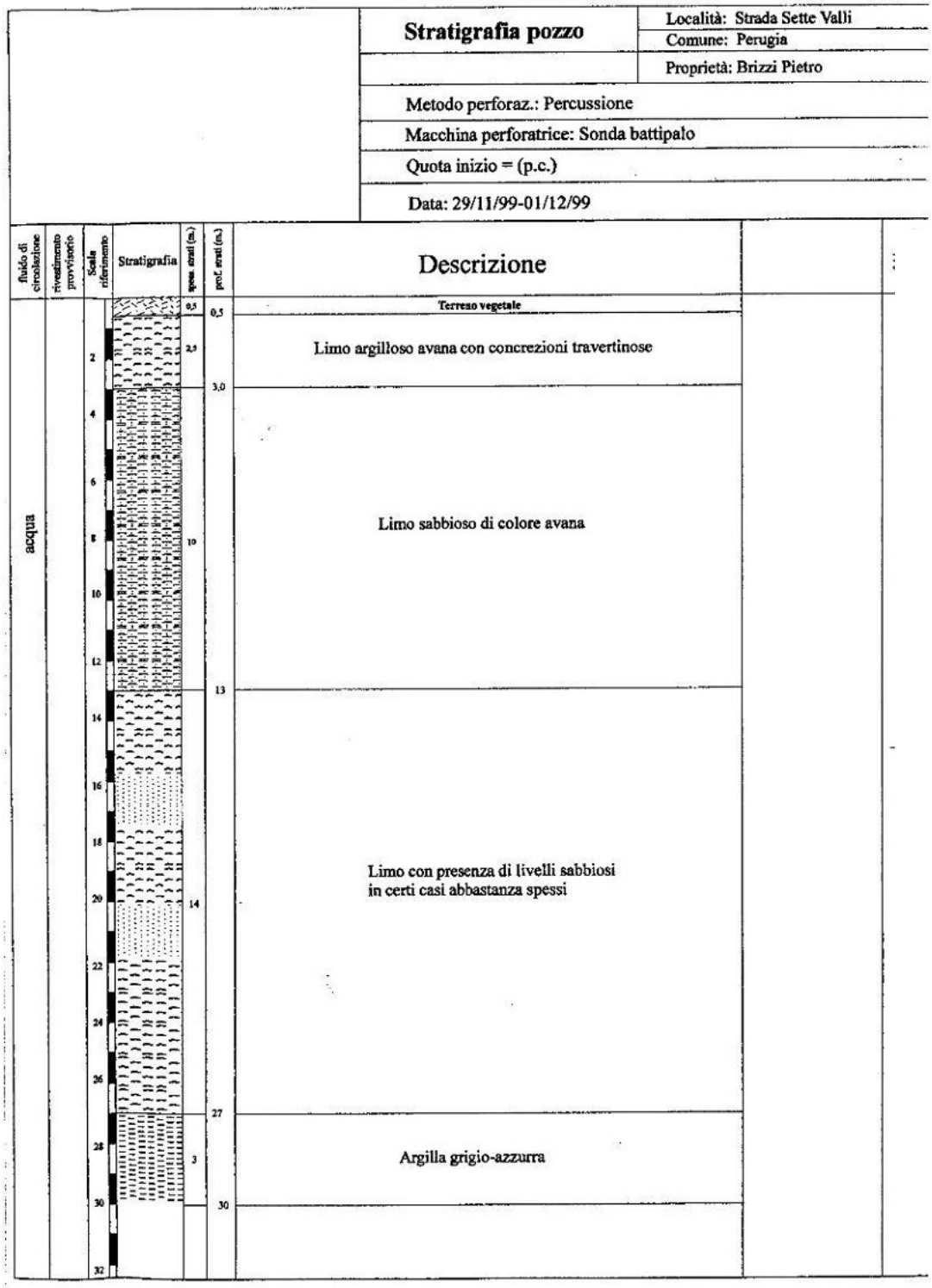


Fig.6 – stratigrafia risultata dall'escavazione di un pozzo.

Più in particolare la stratigrafia dei primi metri nell'area d'intervento è stata determinata tramite due sondaggi con escavatore e riportata in allegato.
Si può osservare la presenza fino a circa 3,5m di limi argillosi ocra chiaro poi seguiti da limi sabbiosi e sabbie limoso argillose ocra giallastre addensate.
I terreni presentano una permeabilità primaria variabile, in genere da bassa o molto bassa.
Dai dati del pozzo presente risulta che la falda è profonda oltre 30m dal p.c. nel substrato litico.

Un piccolo livello acquifero è posto anche tra le profondità di 18 e 25m dal p.c..

4- CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI TERRENI

Per la realizzazione del fabbricato e le strutture annesse all'edificio principale per ristorazione sono state eseguite nel tempo varie indagini geognostiche tra cui sondaggi con escavatore con valutazione della consistenza dei terreni tramite pocket penetrometro e una prova penetrometrica dinamica DPM.

In particolare come già indicato le indagini hanno evidenziato la presenza di terreno limo argilloso mediamente compatto fino a circa 3,5m di profondità e quindi terreno sabbioso o limo sabbioso addensato.

La prova penetrometrica ha evidenziato la presenza di terre compatte a consistenza variabile fino a circa 4m, seguite da terre compatte con consistenza crescente con la profondità.

Di seguito vengono individuati per i vari livelli stratigrafici i parametri geotecnici correlabili dal numero di colpi della prova secondo vari Autori.

			Prof.	Nspt	correzione Terzaghi-Peck (1948)	Nspt corretto	$\sigma'v_0$ (kPa)	Cn (kPa)	N_{60}	N'_{60}	Dr (%)	ϕ' (°)	OCR (NC/OC)	E (Mpa)	E'_{25} (Mpa)	Go (MPa)	Vs
Prova	1							2			55		NC	0.5			55
Falda	16.0	1	0.5	6	☐ correzione	6.0	10	1.43	6.5	9.3	41	28	NC	18	8	27	118
		2	1.0	14	☐ correzione	14.0	19	1.37	15.1	20.7	61	31	NC	23	17	50	161
γ_n	19.0	3	1.5	30	☐ correzione	30.0	29	1.31	32.4	42.4	88	34	NC	33	32	82	206
		4	2.0	30	☐ correzione	30.0	38	1.26	32.4	40.7	86	34	NC	33	30	89	214
Pressione atmosferica		5	2.5	15	☐ correzione	15.0	48	1.21	16.2	19.6	60	30	NC	23	16	67	186
Kpa	98.00	6	3.0	15	☐ correzione	15.0	57	1.16	16.2	18.8	59	30	NC	23	16	70	191
		7	3.5	9	☐ correzione	9.0	67	1.12	9.7	10.9	44	28	NC	20	10	57	171
Rendim. Normalizzato		8	4.1	30	☐ correzione	30.0	78	1.07	32.4	34.8	80	33	NC	33	27	109	237
ER/60	1.08	9	4.5	34	☐ correzione	34.0	86	1.04	36.7	38.4	84	34	NC	35	29	119	248
		10	5.0	46	☐ correzione	46.0	95	1.01	49.7	50.2	96	35	NC	42	36	142	271

Fig.7 – Correlazioni geotecniche tra NSPT e alcuni parametri meccanici del terreno.

Di seguito vengono definiti i parametri geotecnici considerando 3 strati omogenei:

1 – terreno di riporto superficiale del piazzale addensato meccanicamente (0-0,7m);
2 - terreno limo argilloso compreso al di sotto del riporto fino a 3,5m, di consistenza variabile con livelli anche fortemente compatti;
3- terreno sabbioso limoso addensato.

Vengono quindi riassunti i parametri caratteristici del terreno, scelti sulla base di una valutazione cautelativa del valore, complimentata da una esperienza ben consolidata dei luoghi (molti interventi precedenti):

1-riporti

Y (peso di volume)=194KN/m^3
ϕ'_k (angolo d'attrito interno) = 32°

2-Depositi limo argillosi 0,7m – 4m

Y (peso di volume)=192KN/m^3
ϕ'_k (angolo d'attrito interno) = 28°-30°
cu (resistenza non drenata)= 100 KN/m^2
Kw (coeff. di sottofondo) = 1-2 Kg/cmc

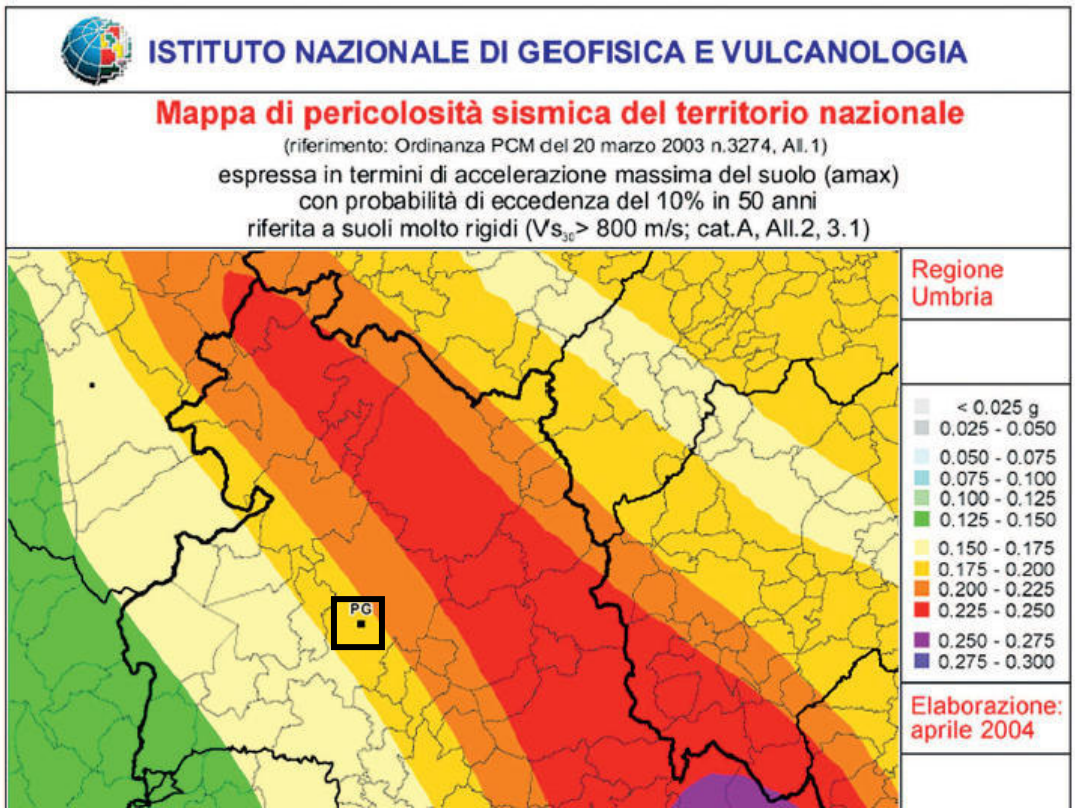
3- Depositi sabbiosi o limo-sabbiosi

Y (peso di volume)=19,5KN/m^3
ϕ'_k (angolo d'attrito interno) = 33°-35°
cu (resistenza non drenata)= 200 KN/m^2
Kw (coeff. di sottofondo) = 4-5Kg/cmc

Con la profondità si ha un miglioramento delle caratteristiche geotecniche del terreno che risulta da consistente a molto consistente e almeno equiparabile allo strato 3.

CARATTERISTICHE SISMICHE DELL'AREA (Microzonazione sismica)

Gli effetti di sito sono essenzialmente determinati da potenziali fenomeni di amplificazione sismica determinati dalle condizioni geologiche, geomorfologiche, tettoniche e geotecniche locali.
Sulla base dei criteri dettati dalla DGR 377 del 8 Marzo 2010 "Criteri per l'esecuzione degli Studi di microzonazione Sismica", e delle linee guida del Dipartimento della Protezione Civile Nazionale da questa recepite "Indirizzi e Criteri per la microzonazione Sismica" è stata definita la suscettibilità sismica del sito di studio attraverso vari livelli di approfondimento stabiliti sulla base delle caratteristiche dell'area e dell'importanza dell'intervento.
Nella figura successiva si riporta uno stralcio della Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale elaborata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.



La stima deli valori massimi della magnitudo attesa per la zona di interesse è stata definita attraverso le mappe interattive di pericolosità sismica messa a disposizione dall'INGV.

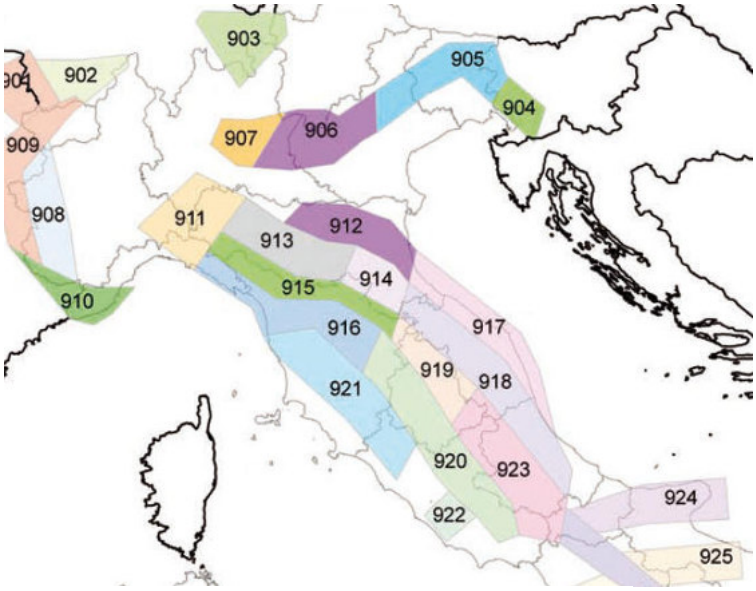


Figura 2.8-1 - Zone sismogenetiche per la mappa di pericolosità sismica di base di riferimento (Gruppo di lavoro, 2004).

Tabella 2.8-1 – Valori di M_{emax} per le zone sismogenetiche di ZS9 (estratto da Gruppo di Lavoro, 2004)

Nome ZS	Numero ZS	M_{emax}
Colli Albani, Ocre	922, 936	5.45
Garda-Veronese	928	5.91
Alpi zone	901, 902, 903, 904, 905, 906, 907, 908, 911, 912, 913, 914, 916, 917, 920, 921, 926, 932, 933, 934	6.14
Nestore-Mercighera/Pistoiese, Appennino Umbro, Nuova Garfagnana	918, 919, 910	6.37
Friuli-Veneto Orientale, Garda-Veronese, Carfagnana-Mugello, Calabria Jonica	906, 907, 915, 930	6.60
Matese-Gargano, Ofanto, Canale d'Otranto	924, 925, 931	6.83
Appennino Abruzzese, Sannio – Irpinia-Basilicata	923, 927	7.06
Calabria Meridionale, Isole	929, 935	7.29

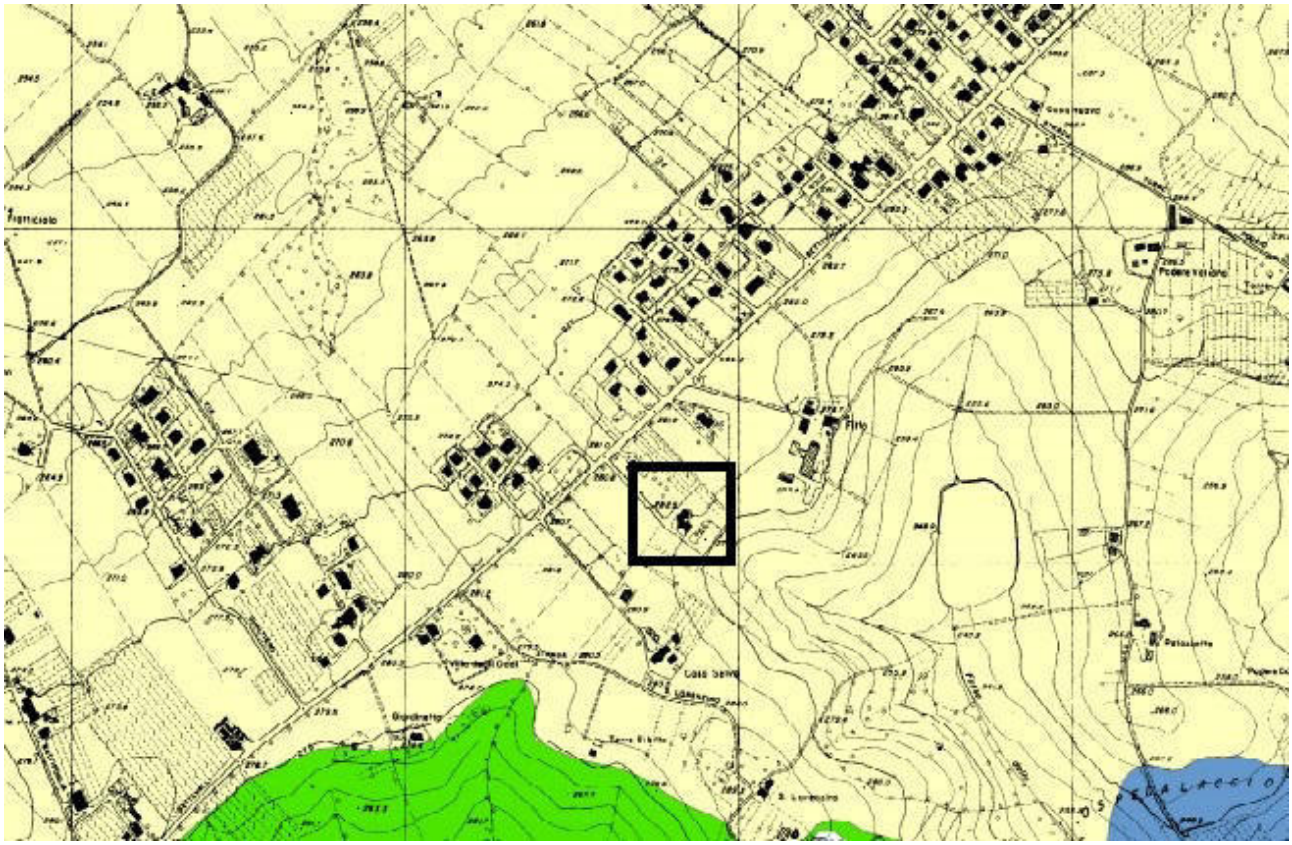
Evento	Data	Ora	Lat (°)	Long (°)	Profondità (km)	Mw	ML	Regime tettonico
VAL NERINA	1979-09-19	21:35:37	42.800	13.040	6.0	5.8	5.5	Faglia normale
GUBBIO	1984-04-29	05:03:00	43.208	12.568	6.0	5.6	5.2	Faglia normale
UMBRIA-MARCHE 1° SHOCK	1997-09-26	00:33:12	43.023	12.891	3.5	5.7	5.6	Faglia normale
UMBRIA-MARCHE 2° SHOCK	1997-09-26	09:40:25	43.015	12.854	9.9	6.0	5.8	Faglia normale

Tabella 8.2 – Principali caratteristiche degli eventi considerati

La tabella precedente riassume le principali caratteristiche degli eventi sismici maggiori che sono stati considerati nello "Studio di microzonazione sismica".

LIVELLO 1 DI APPROFONDIMENTO

In questo livello sono stati analizzati i dati a disposizione ed in particolare si è fatto riferimento allo studio per la variante al PRG fatta dal Comune di Perugia (in parte comprendente gli stessi terreni) e allo studio di microzonazione sismica fatto dalla Regione Umbria per la città di Perugia (Microzonazione sismica di Livello II)



Legenda

- 1Z - Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi
- 2Z - Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti
- 3Z - Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana
- 4Z - Zona con terreni di fondazione particolamente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)
- 7Z - Zona di fondovalle con depositi alluvionali
- 8Z- Zona pedemontana di falda di detrito e cono di deiezione
- 10Z - Zona con travertini
- 12Z - Zona dei depositi delle unità sintemiche non diversamente classificate
- 14Z - Zone stabili non suscettibili di amplificazioni locali

Fig.8 - Estratto PRG Comune di Perugia (Parte strutturale) , Tav. di pericolosità sismica di I Livello.

Da questa cartografia risulta che l'area in oggetto è posta in zona stabile, zona 12Z, dei depositi delle unità sintemiche non diversamente classificate, suscettibile di amplificazione sismica.

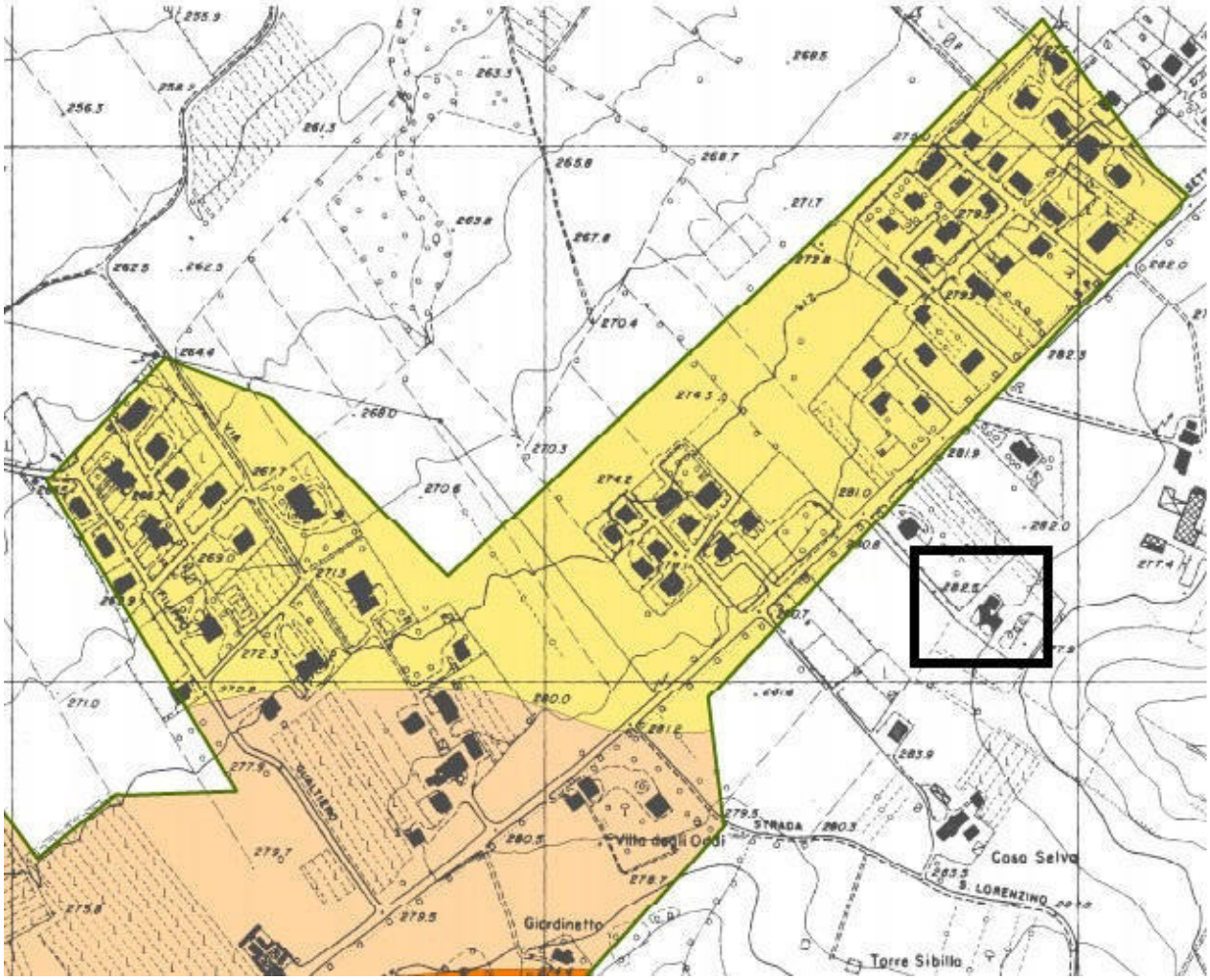


Fig.9 – Carta di microzonazione sismica di Livello 2 della regione Umbria/Comune di Perugia.

Per il sito in oggetto, sebbene posto appena al difuori dell'area di Microzonazione sismica di 2 livello, possono essere dedotti i risultati (Zona stabile suscettibile di amplificazione locale Fa=1,3-1,4) che come vedremo sono del tutto congrui con quelli ricavati dalle indagini sismiche dirette effettuate.

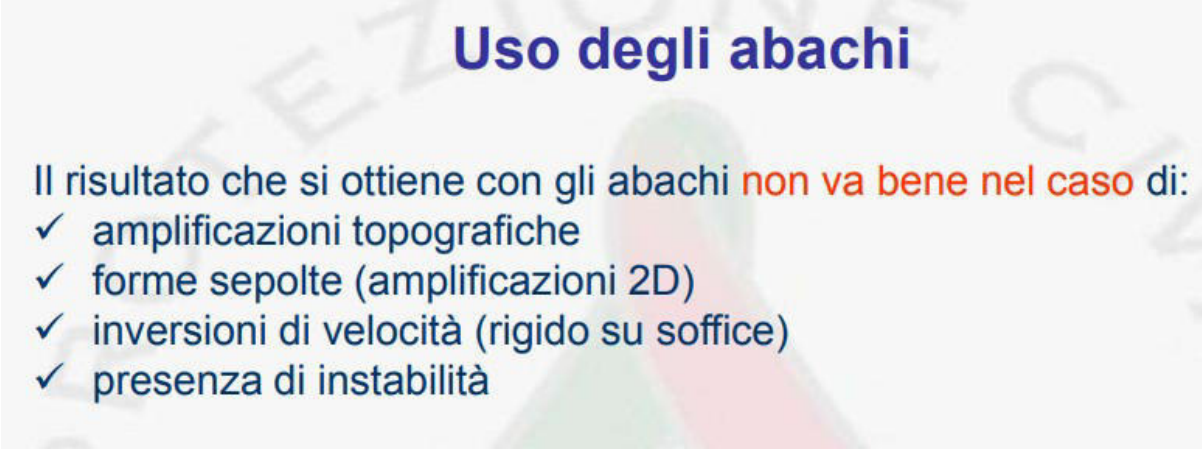
LIVELLO 2 DI APPROFONDIMENTO

Nella Zona è stata effettuata una indagine sismica integrata passiva a stazione singola HVSR e MASW i cui risultati sono riportati in allegato.

Il bed-rock sismico Vs>800m/s è stato individuato alla profondità di 32m dal p.c., mentre al di sopra è presente terreno amplificante con un valore di Vs=364m/s.

Considerando l'azione sismica a livello di superficie topografica può essere fatta una valutazione quantitativa degli effetti di sito sul segnale sismico riferendoci all'applicazione degli abachi per amplificazioni litostratigrafiche contenuti negli "Indirizzi e criteri generali per la microzonazione sismica".

L'uso degli Abachi risulta possibile in quanto non si ricade in nessuno dei casi sotto indicati.



Le amplificazioni sono espresse attraverso 2 fattori di amplificazione degli spettri elastici in superficie, associati alle singole situazioni litostratigrafiche.
Tali fattori, FA e FV sono da applicare rispettivamente alle ordinate spettrali a basso periodo (FA) e ad alto periodo (FV). Con tali fattori sarà possibile ricostruire lo spettro elastico in superficie.
La sismostratigrafia precedentemente descritta e riportata in allegato evidenzia una velocità delle onde S crescente con la profondità.
Sulla base delle indicazioni fornite dalle linee guida è necessario associare all'area un adeguato modello del profilo delle velocità. In considerazione dell'assetto sismostratigrafico ricostruito (senza evidenti contrasti di impedenza), della profondità del bedrock sismico (che dai risultati ottenuti e i dati a disposizione si può assumere a 32m) e della categoria di sottosuolo determinata, si ritiene più idoneo fare riferimento a profili di velocità variabile linearmente con pendenza intermedia.
Pertanto sulla base dei parametri di seguito riassunti si potrà utilizzare l'abaco di riferimento e risalire ai valori di FA ed FV per l'area in analisi:

- profondità del bedrock sismico a 32m dal p.c. ;
- litologia rappresentata da "argilla" e substrato marnoso stratificato;
- Vs equivalente =362 m/s calcolato sulla base dell'indagine

Da cui risultano i seguenti Fattori di amplificazione sismica:
FA - FATTORE DI AMPLIFICAZIONE: FA=1,38
FV - FATTORE DI AMPLIFICAZIONE: FV=1,76

Fattore di amplificazione	Tipo di terreno	a_g (g)	Profilo di velocità
FA	Argilla	0.26g	Costante

H	$V_{s,H}$ (m/s)									
	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	2.26	1.75	1.53	1.47	1.39	1.25	1.14	1.07	1.01	1.01
10	-	2.17	1.91	1.67	1.47	1.32	1.22	1.14	1.06	1.02
15	-	1.94	1.95	1.80	1.64	1.49	1.35	1.26	1.12	1.04
20	-	1.67	1.75	1.75	1.66	1.53	1.43	1.33	1.17	1.06
25	-	1.43	1.56	1.60	1.58	1.52	1.43	1.34	1.19	1.07
30	-	1.28	1.41	1.48	1.47	1.45	1.40	1.33	1.19	1.07
35	-	-	1.22	1.34	1.38	1.37	1.33	1.30	1.18	1.07
40	-	-	1.28	1.21	1.26	1.30	1.28	1.24	1.16	1.07
50	-	-	1.19	1.24	1.13	1.14	1.16	1.16	1.12	1.04
60	-	-	1.11	1.16	1.19	1.12	1.08	1.07	1.06	1.02
70	-	-	1.06	1.10	1.13	1.14	1.09	1.05	1.01	0.99
80	-	-	0.97	1.07	1.08	1.10	1.10	1.06	1.00	0.96
90	-	-	0.94	1.01	1.04	1.05	1.07	1.06	1.00	0.95
100	-	-	0.89	0.95	1.03	1.02	1.03	1.04	1.00	0.95
110	-	-	0.89	0.94	0.98	1.00	1.00	1.00	0.99	0.94
120	-	-	0.82	0.88	0.95	1.00	0.99	0.98	0.98	0.94
130	-	-	0.83	0.89	0.92	0.96	0.98	0.96	0.96	0.93
140	-	-	-	0.86	0.88	0.92	0.96	0.96	0.93	0.92
150	-	-	-	-	0.89	0.91	0.93	0.95	0.92	0.91

Fattore di amplificazione	Tipo di terreno	a_g (g)	Profilo di velocità
FV	Argilla	0.26g	Costante

H	$V_{s,H}$ (m/s)									
	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1.17	1.08	1.04	1.03	1.02	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00
10	-	1.57	1.19	1.10	1.05	1.03	1.03	1.02	1.01	1.00
15	-	2.03	1.59	1.27	1.17	1.10	1.05	1.04	1.02	1.01
20	-	2.47	1.90	1.52	1.30	1.20	1.12	1.09	1.03	1.01
25	-	2.47	2.20	1.74	1.48	1.30	1.20	1.13	1.05	1.02
30	-	2.31	2.25	1.94	1.64	1.42	1.28	1.20	1.09	1.02
35	-	-	2.12	2.02	1.76	1.53	1.37	1.25	1.11	1.03
40	-	-	2.03	1.98	1.82	1.61	1.44	1.31	1.13	1.04
50	-	-	2.05	1.83	1.76	1.67	1.53	1.39	1.19	1.07
60	-	-	2.11	1.85	1.67	1.59	1.53	1.43	1.23	1.09
70	-	-	1.97	1.92	1.68	1.55	1.44	1.40	1.24	1.09
80	-	-	1.92	1.84	1.73	1.56	1.43	1.34	1.23	1.10
90	-	-	1.89	1.76	1.69	1.55	1.44	1.34	1.21	1.07
100	-	-	1.88	1.74	1.65	1.56	1.43	1.34	1.19	1.07
110	-	-	1.82	1.72	1.61	1.52	1.42	1.34	1.18	1.06
120	-	-	1.71	1.71	1.59	1.50	1.43	1.33	1.19	1.05
130	-	-	1.63	1.66	1.57	1.47	1.41	1.33	1.17	1.05
140	-	-	-	1.60	1.54	1.46	1.38	1.32	1.16	1.06
150	-	-	-	-	1.53	1.45	1.36	1.30	1.18	1.07

fig. 10 – Abachi di riferimento per il calcolo di FA e FV contenuti nelle ICMS

SINTESI DEI RISULTATI - Microzone in prospettiva sismica

In allegato sono riportate state le Carte predisposte di microzonazione sismica (Livello 2).

- Carta delle indagini;
- Carta Geologico-tecnica;

- Carta delle MOPS;
- Carta di Microzonazione sismica.

Sulla base dei risultati ottenuti dall' indagine sismica la zona risulta stabile suscettibile di amplificazioni locali definite tramite fattori di amplificazione sismica.

Conclusioni

L'intervento in oggetto prevede la delocalizzazione di una SUC pari a mq 107 posta nel comparto "B1" (ubicato in loc. San Proto - Montebello, ricadente in zona a rischio frana R3), in una zona "Ppr" sita in loc. Case nuove di Ponte della Pietra, in cui sono presenti destinazioni d'uso: residenziale e ristorativa.

L'intervento non comporta incremento del dimensionamento complessivo previsto dal PRG, Parte Strutturale, ne ulteriore incremento di consumo di suolo.

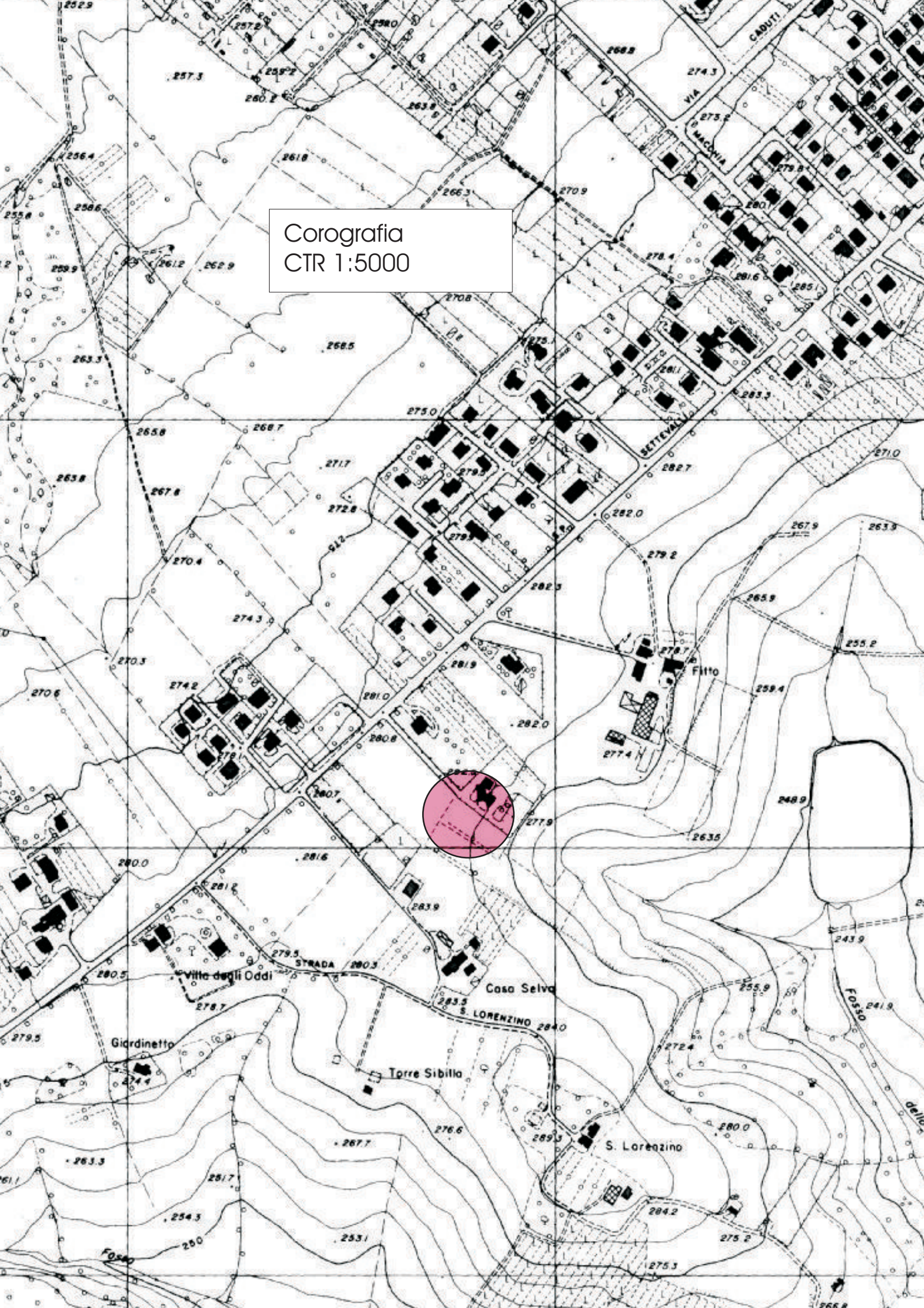
Sulla base di quanto precedentemente descritto, confermato dalle carte di pericolosità sismica e microzonazione sismica redatte dalla Regione Umbria e dal Comune di Perugia, risulta che il sito è stabile suscettibile di amplificazione sismica.

Dal punto di vista geologico ed idrogeologico e idraulico si evidenziano condizioni favorevoli alla realizzazione del progetto di delocalizzazione.

Anche se il progetto non comporta nessuna nuova area edificabile o nuovo consumo di suolo è stata effettuato, come richiesto dalla normativa, uno Studio di microzonazione sismica di II Livello circoscritto all'area in questione.

Il geologo Dott. Gianluca Bencivenga

Corografia
CTR 1:5000



PROVA ... DPM1

Strumento utilizzato: DPM (DL030 10) (Medium)

Profondità prova: 5.70 m
Falda: non rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)
0,10	21	0,757	58,25	76,99
0,20	9	0,855	28,20	32,99
0,30	4	0,853	12,50	14,66
0,40	4	0,851	12,48	14,66
0,50	6	0,849	18,67	22,00
0,60	7	0,847	21,74	25,66
0,70	10	0,845	30,98	36,66
0,80	16	0,793	46,53	58,66
0,90	13	0,792	37,72	47,66
1,00	14	0,790	38,64	48,93
1,10	15	0,788	41,31	52,43
1,20	17	0,786	46,72	59,42
1,30	16	0,785	43,87	55,92
1,40	29	0,733	74,28	101,36
1,50	37	0,681	88,09	129,32
1,60	35	0,680	83,13	122,33
1,70	34	0,678	80,56	118,83
1,80	42	0,626	91,94	146,80
1,90	29	0,725	73,46	101,36
2,00	45	0,623	93,65	150,28
2,10	28	0,722	67,48	93,51
2,20	19	0,770	48,86	63,45
2,30	11	0,819	30,07	36,73
2,40	11	0,817	30,02	36,73
2,50	15	0,766	38,36	50,09
2,60	15	0,764	38,28	50,09
2,70	12	0,813	32,57	40,07
2,80	12	0,811	32,52	40,07
2,90	15	0,760	38,07	50,09
3,00	12	0,809	31,03	38,37
3,10	11	0,807	28,39	35,17
3,20	12	0,806	30,92	38,37
3,30	10	0,805	25,73	31,97
3,40	9	0,803	23,12	28,77
3,50	8	0,802	20,52	25,58
3,60	9	0,801	23,04	28,77
3,70	10	0,800	25,57	31,97
3,80	10	0,798	25,53	31,97
3,90	13	0,747	31,06	41,56
4,00	19	0,746	43,47	58,26
4,10	30	0,695	63,92	91,99
4,20	31	0,644	61,19	95,06
4,30	24	0,693	50,97	73,59
4,40	34	0,641	66,88	104,26
4,50	46	0,590	83,27	141,06
4,60	31	0,639	60,77	95,06
4,70	23	0,688	48,53	70,53
4,80	48	0,587	86,41	147,19
4,90	46	0,586	82,67	141,06
5,00	46	0,585	79,28	135,52
5,10	45	0,584	77,42	132,57
5,20	47	0,583	80,72	138,46
5,30	46	0,582	78,87	135,52
5,40	47	0,581	80,45	138,46
5,50	49	0,580	83,74	144,35
5,60	51	0,579	87,01	150,25
5,70	55	0,578	93,69	162,03

– Geologo Dott. Artegiani Riccardo –

– Via Briziarelli Domenico n°4, Marsciano(PG) –

– Cell. 338-7319956 –

– Email: artegiani.geo@gmail.com –

– riccardoartegiani@pec.it –

P.Iva 03292970542

RELAZIONE TECNICA SULLE INDAGINI GEOFISICHE

Comune: Perugia (PG)
Località: Via Settevalli 838

OGGETTO

RELAZIONE SU INDAGINI GEOFISICHE INTEGRATE
CON METODO M.A.S.W. E H.V.S.R.

Committente: Dott. Geol. Gianluca Bencivenga

Data: aprile 2019

Dott. Geol. Artegiani Riccardo
Ordine dei Geologi Regione Umbria
Albo n° 520

INDICE

1.	PREMESSA	Pag. 2
2.	METODOLOGIE D'INDAGINE	Pag. 2
2.1	Sismica con metodologia MASW	Pag. 2
2.2	Sismica passiva a stazione singola	Pag. 3
3.	METODO DI ACQUISIZIONE	Pag. 3
3.1	Metodo MASW	Pag. 3
3.2	Metodo HVSR	Pag. 3
4.	ELABORAZIONE DATI OTTENUTI	Pag. 4
4.1	Elaborazione MASW	Pag. 4
4.2	Elaborazione HVSR	Pag. 4
5.	RISULTATI	Pag. 5
5.1	Risultati MASW	Pag. 5
5.2	Risultati HVSR	Pag. 9

1.PREMESSA

L'approfondimento della caratterizzazione sismica del sito è stato condotto mediante una campagna d'indagini geofisiche di superficie condotte in sito con metodologia M.A.S.W. e H.V.S.R..

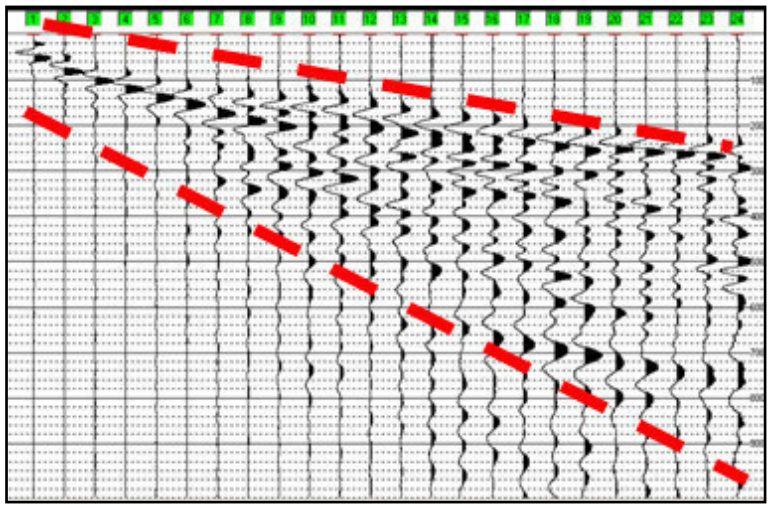
2. METODOLOGIE DI INDAGINE

2.1 SISMICA CON METODO M.A.S.W.

La metodologia sismica adottata è quella sintetizzata dall'acronimo M.A.S.W. ovvero "analisi multicanale delle onde superficiali". Energizzando il terreno si generano vari tipi di onde, tra cui onde di volume P e S, onde di superficie di Rayleigh e di Love.

Il metodo analitico M.A.S.W. sfrutta alcune proprietà delle onde superficiali, a differenza della sismica rifrazione, nella quale si misurano e si analizzano i tempi di arrivo delle onde di volume rifratte, energizzate in compressione Vp o di taglio Vs. Sinteticamente le principali proprietà legate alla propagazione delle onde superficiali utilizzate dalla metodologia M.A.S.W. sono le seguenti:

1. la maggior parte dell'energia generata sia in compressione che di taglio, si converte in onde di superficie (circa il 90%),
2. la propagazione delle onde di superficie è poco influenzata dalle onde di volume P e dalla densità del mezzo, mentre è funzione delle onde Vs,
3. la proprietà fondamentale delle onde superficiali è rappresentata dal fenomeno della dispersione nei mezzi stratificati.



Tracciato sismico a 24 canali in onde S, l'area racchiusa nel tratteggio evidenzia il fenomeno di dispersione con l'aumentare della profondità delle onde superficiali di Love in un mezzo stratificato

Dall'analisi delle curve di dispersione dei due tipi di onde, curve di dispersione ottenute dalle variazioni della velocità di fase in funzione delle lunghezze d'onda o delle frequenze (inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda), è possibile determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità, tramite processi analitici di inversione, consistenti nell'adozione di un modello teorico di partenza "numero strati/velocità/spessori" e successiva ottimizzazione dei dati mediante processi di raffinamento.

2.2 SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA

La metodologia adottata è quella della sismica passiva, che sfrutta il rumore sismico ambientale presente ovunque in superficie. Tale rumore sismico è prodotto da vari fenomeni, quali l'attività dinamica terrestre, i fenomeni atmosferici di grande portata (venti, onde marine) e l'attività antropica. Il rumore sismico ambientale viene definito anche come "microtremore", in quanto è caratterizzato da oscillazioni molto più piccole di quelle generate dai terremoti nel campo vicino, pari a 10^{-15} $[m/s^2]^2$ in termini di accelerazione.

Questa metodologia è definita come "passiva" in quanto il terreno non viene energizzato artificialmente nel corso delle registrazioni.

3. METODI DI ACQUISIZIONE

3.1 METODO MASW

L'indagine in oggetto è stata eseguita tramite l'acquisizione strumentale, lungo un profilo di misura lineare, della componente superficiale di onde generate in compressione (onde di Rayleigh). È stata utilizzata una stesa costituita da 12 geofoni verticali da 4,5 Hz per l'acquisizione delle onde di Rayleigh, tutti con equidistanza di 2,00 m, per una lunghezza complessiva di 22,00 m.

Sono stati effettuati tre tiri per ciascun tipo di acquisizione: in "compressione", tramite battuta con mazza su piastra. Gli offset posti a distanze crescenti dal geofono n.1 sono stati i seguenti: 10,0 m; 5,0 m; 2,0 m; per una distanza complessiva di 32,00 m.

3.2 METODO HVSR

L'indagine in oggetto è stata eseguita tramite una stazione singola di registrazione (SARA modello SR04/MT) costituita da tre geofoni calibrati, uno verticale e due orizzontali, con disposizione convenzionale N-S e E-W di frequenza naturale pari a 2 Hz.

Per il punto/stazione di misura è stato particolarmente curato l'accoppiamento sensore/terreno ed è stata eseguita un'accurata livellazione e messa in bolla del sensore,

Le misure sono state acquisite in via digitale a 24 bit con una frequenza di campionamento di 200 Hz. La durata di registrazione è stata di 20 minuti.

4. ELABORAZIONE DEI DATI OTTENUTI

4.1 ELABORAZIONE DATI MASW

I dati ottenuti sono stati analizzati scegliendo la serie di curve più idonee e sottoponendole alla successive fasi di elaborazione:

1. caricamento sismogrammi onde di Rayleigh
2. calcolo degli spettri di velocità Frequenza Hz – Velocità fase m/s
3. modellazione diretta della curve di dispersione del modo fondamentale e di quelli superiori, tramite assunzione di modelli Velocità/Spessori progressivamente più soddisfacenti, attribuiti a partire dai dati geologico stratigrafici dell'area
4. piccaggio delle curve di dispersione ottimizzate
5. inversione delle curve di dispersione
6. modello finale della variazione della velocità Vs con la profondità

La taratura del modello di input è stata effettuata utilizzando i dati stratigrafici (cfr. Relazione Geologica) ricavati dalle prospezioni geognostiche eseguite in sito.

4.2 ELABORAZIONE DATI HVSR

Tra le varie tecniche consolidate per ricavare informazioni del sottosuolo partendo dagli spettri del rumore sismico registrati, quella che ha riscosso maggiori consensi è la tecnica dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella del moto verticale denominata HVSR da Horizontal to Vertical Spectral Ratio, o più brevemente H/V, nota anche come tecnica di Nakamura. Le basi teoriche del metodo possono essere brevemente riassunte considerando un sottosuolo a due strati, con densità e velocità differenti. Un'onda che viaggia nello strato 1 viene parzialmente riflessa dall'orizzonte di separazione dei due strati, interferisce con le onde incidenti sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime in condizione di risonanza quando la lunghezza dell'onda incidente è 4 volte (o multipli dispari) lo spessore del primo strato. Per le onde P di compressione ciò si traduce in: $fr = Vp1/(4h)$ mentre per le onde S in: $fr = Vs1/(4h)$, con fr = frequenza di risonanza.

Essendo questo effetto teoricamente sommabile, la curva HVSR mostra, come massimi relativi, le frequenze di risonanza caratteristiche dei vari strati, le quali, insieme ad una stima delle velocità, permettono di prevedere con una certa approssimazione gli spessori.

5. RISULTATI

5.1 RISULTATI MASW

Dal calcolo degli spettri di velocità Frequenza (Hz) / Velocità di fase (m/s) (Tavola 1), si rileva come la massima dispersione della velocità di fase risulta compresa nell' intervallo di frequenza tra i 8 e i 20 Hz, mentre la corrispondente velocità risulta compresa tra 180 m/s e 1100 m/s. Nella Tavola 1 viene presentato il modello teorico di partenza, assunto per l'elaborazione nel processo di inversione, ricondotto a quattro sismostrati sovrastanti il semispazio, aventi i seguenti valori di velocità e spessore:

Spessore (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)
0.80	261	156
5.50	532	261
6.00	717	332
12.00	907	475
Semispazio	1416	680

Nella Tavola 2 viene riportato il risultato finale del processo di inversione, nei grafici è evidente come la curva teorica calcolata attraverso l'inversione del modello di velocità è in buon accordo con la curva di dispersione sperimentale. Nella Tavola 3 è riportata la colonna sismostratigrafica "Vs (m/s) - profondità (m)" con la rappresentazione della distribuzione delle velocità Vsv. Le seguenti tabelle rappresentano l'output della distribuzione delle velocità medie ottenute dal processo di inversione applicato:

Modello ricavato

	Vsv (m/s)	Spessore (m)	Densità (g/cm^3)	Modulo di taglio (MPa)
STRATO 1	158	0.80	1.79	45
STRATO 2	220	4.10	1.87	90
STRATO 3	322	7.10	1.96	203
STRATO 4	409	9.90	2.01	337
STRATO 5	655	-	2.10	902

Valori stimati di Vp e dei moduli elastici

	Vp (m/s)	Poisson
STRATO 1	329	0.35
STRATO 2	458	0.35
STRATO 3	670	0.35
STRATO 4	851	0.35
STRATO 5	1225	0.30

Il modello restituisce un valore della Vs equivalente, tramite il fitting effettuato sulla base della relazione:

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

dove:

$Vs,_{eq}$= velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio;

hi = spessore, dello strato i-esimo;

VS,i = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N = numero di strati ;

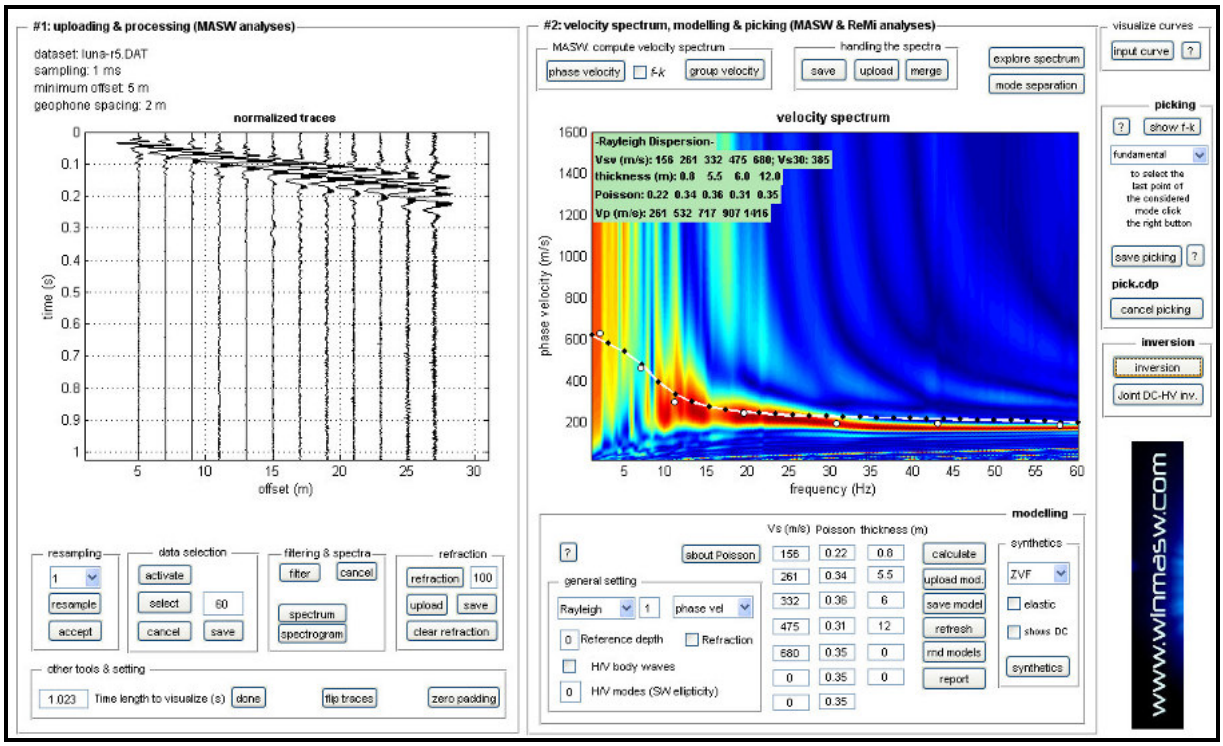
H= profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s

Per il sito in studio si sceglie di adottare il valore minimo determinato: **Vs_{eq}= 364 m/s**

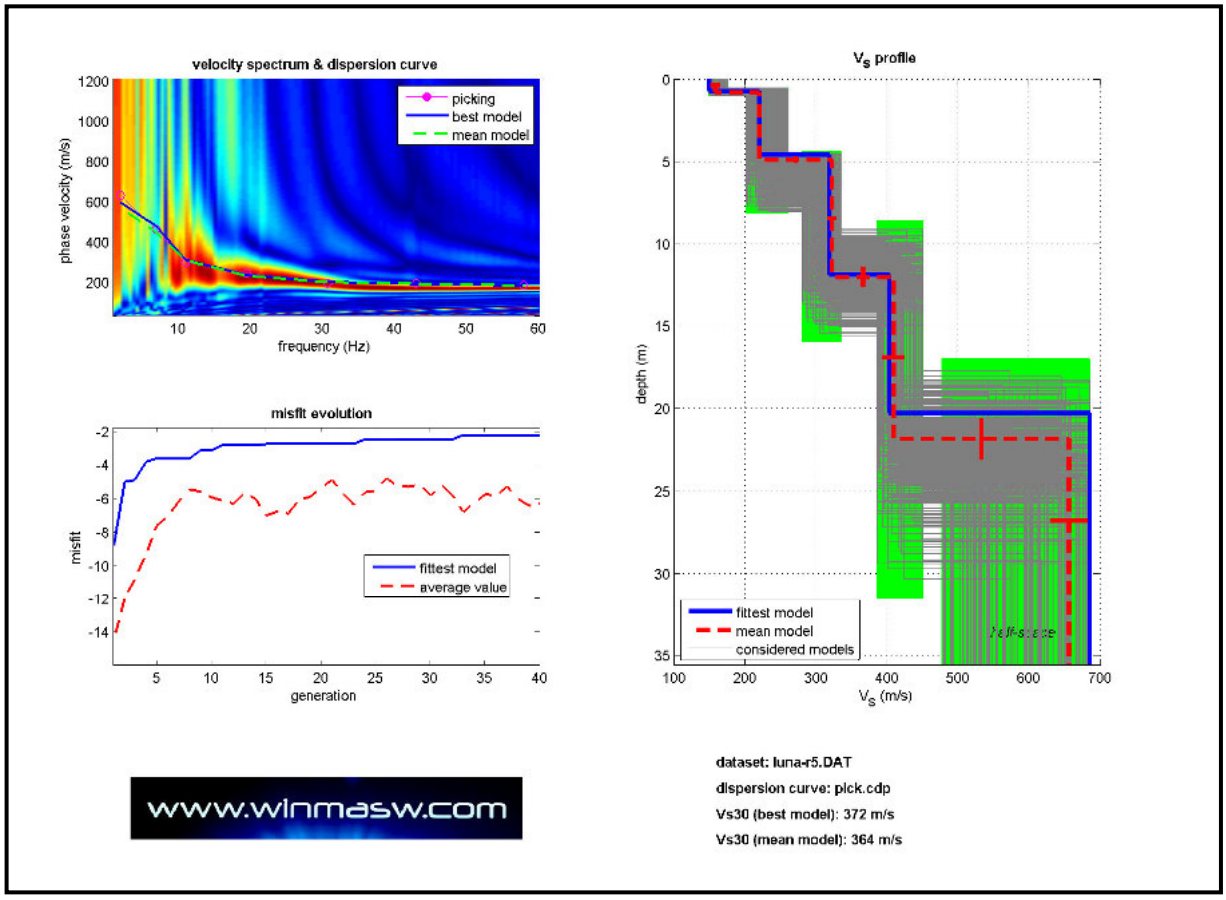
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti,* caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti,* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	*Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D,* con profondità del substrato non superiore a 30 m.

TAVOLA N°**1** - Range di Vs da normativa N.T.C. 2018

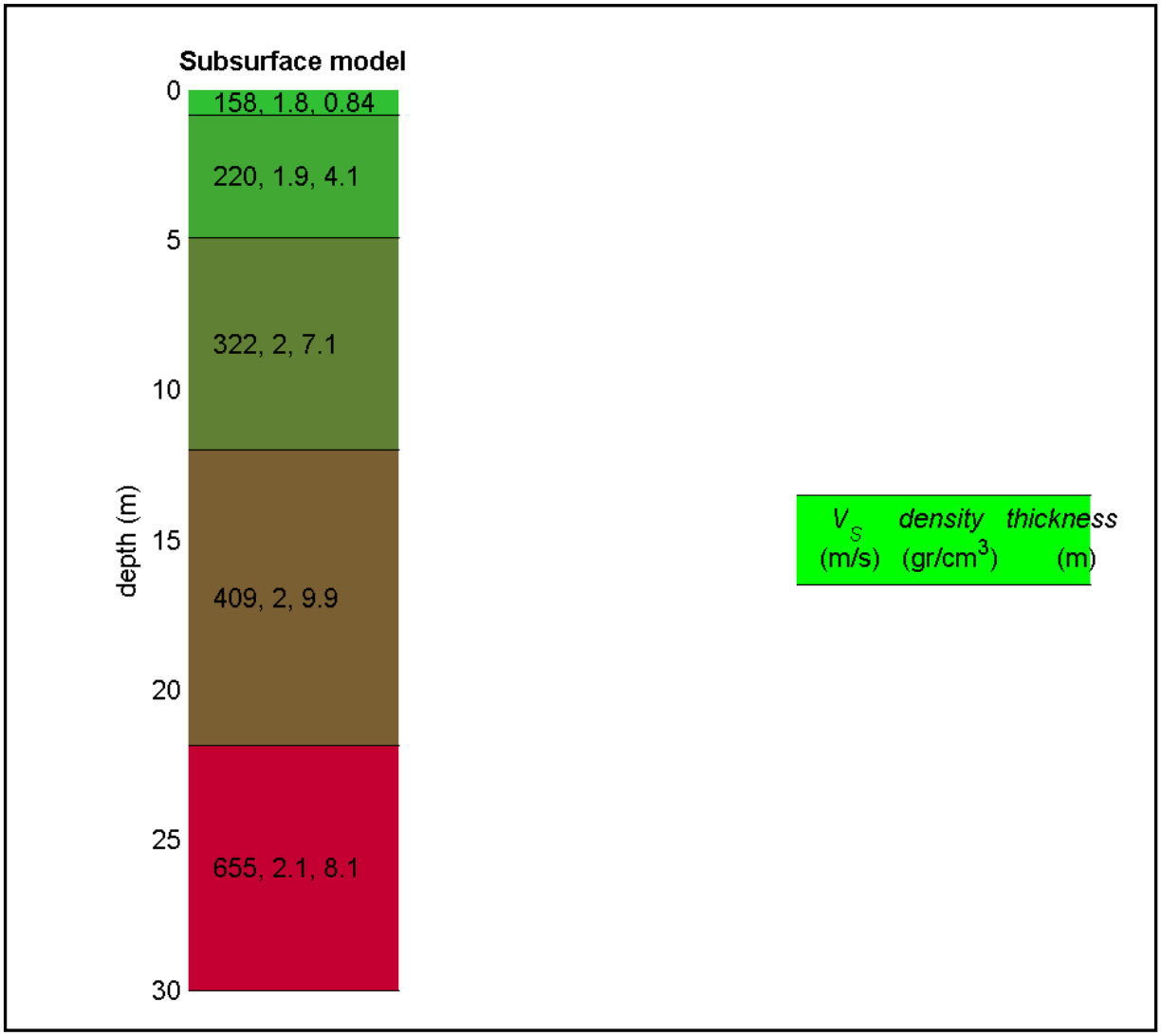
ELABORATI INDAGINE SISMICA CON METODOLOGIA MASW



TAV. 2 - Sismogrammi acquisiti e analisi spettrale



TAV. 3 - Curve di dispersione e modello invertito



TAV. 4 - Suddivisione sismostrati

5.2 RISULTATI HVSR

Per il punto di misura è riportata in allegato una scheda con la tabella di settaggio, i segnali registrati la campionatura di analisi e il risultante grafico del rapporto spettrale H/V.

Il grafico H/V mette in evidenza una situazione caratterizzata dalla presenza di una serie di picchi che descrivono passaggi litologici con la profondità.

La frequenza f v = 5.8 Hz che descrive la frequenza fondamentale di sito f con un'ampiezza di picco di A=3.5.

L'analisi permette la definizione della frequenza di picco f_0 = 5.8 Hz e A= 3.5

Di seguito viene riportata la verifica della elaborazione eseguita con il Software WinMASW 4.80.

Sampling frequency (Hz): 128 Window length (sec): 20 Length of analysed temporal sequence (min): 15.0 Tapering (%): 30	**Criteri di verifica per la cura H/V (robustezza statistica)** #1. [f0 > 10/Lw]: 5.8 > 0.5 (OK) #2. [nc > 200]: 10180 > 200 (OK) #3. [f0>0.5Hz; sigmaA(f) < 2 for 0.5f0 < f < 2f0] (OK)
Peak frequency (Hz): 5.8 (ą3.5) Peak HVSR value: 3.5 (ą1.1)	**Criteri di verifica per il picco HVSR** #1. [exists f- in the range [f0/4, f0] | AH/V(f-) < A0/2]: yes, at frequency 3.0Hz (OK) #2. [exists f+ in the range [f0, 4f0] | AH/V(f+) < A0/2]: yes, at frequency 8.5Hz (OK) #3. [A0 > 2]: 3.5 > 2 (OK) #4. [fpeak[Ah/v(f) ą sigmaA(f)] = f0 ą 5%]: (OK) #5. [sigmaf < epsilon(f0)]: 3.489 > 0.289 (NO) #6. [sigmaA(f0) < theta(f0)]: 1.126 < 1.58 (OK)

Il modello sismostratigrafico ricostruito, con l'apporto dei dati sismici MASW, è riportato nella tabella seguente.

Spessore (m)	Velocità (m/s)
1.2	125
6.1	221
5.2	385
17.5	650

Tramite la relazione

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

Si ottiene un valore della Vs equivalente pari a 386 m/s, che appare tra l'altro congruente con il risultato ottenuto analizzando il profilo sismico in modalità MASW.

Il processo di inversione del modello presunto ha identificato la presenza di 2368 modelli di cui 1623 correlabili con un misfit pari a 1.03.

L'analisi integrata ha permesso l'identificazione di un modello numericamente simile a quello ricavato con il metodo di inversione MASW definendo la profondità di un bedrock sismico (Vs>800 m/sec) alla profondità di circa 32.00 m dal p.c.

Marsciano, aprile 2019 Dott. Geol. Riccardo Artegiani

ELABORATI INDAGINE SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA HVSR

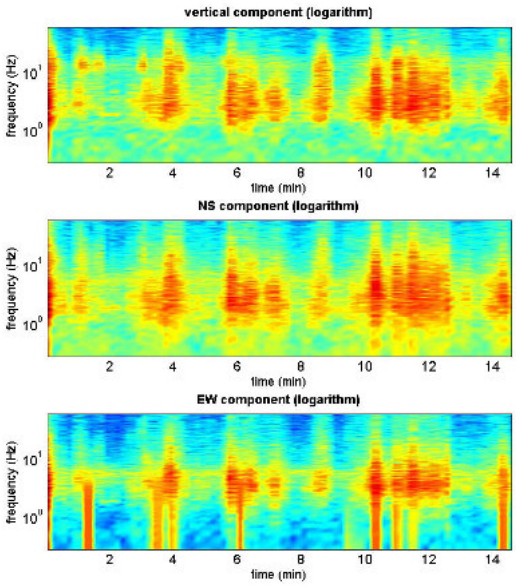


TAVOLA 5 - Grafico ampiezza tempo del segnale acquisito nelle tre componenti: Verticale; orizzontale N-S, E-W

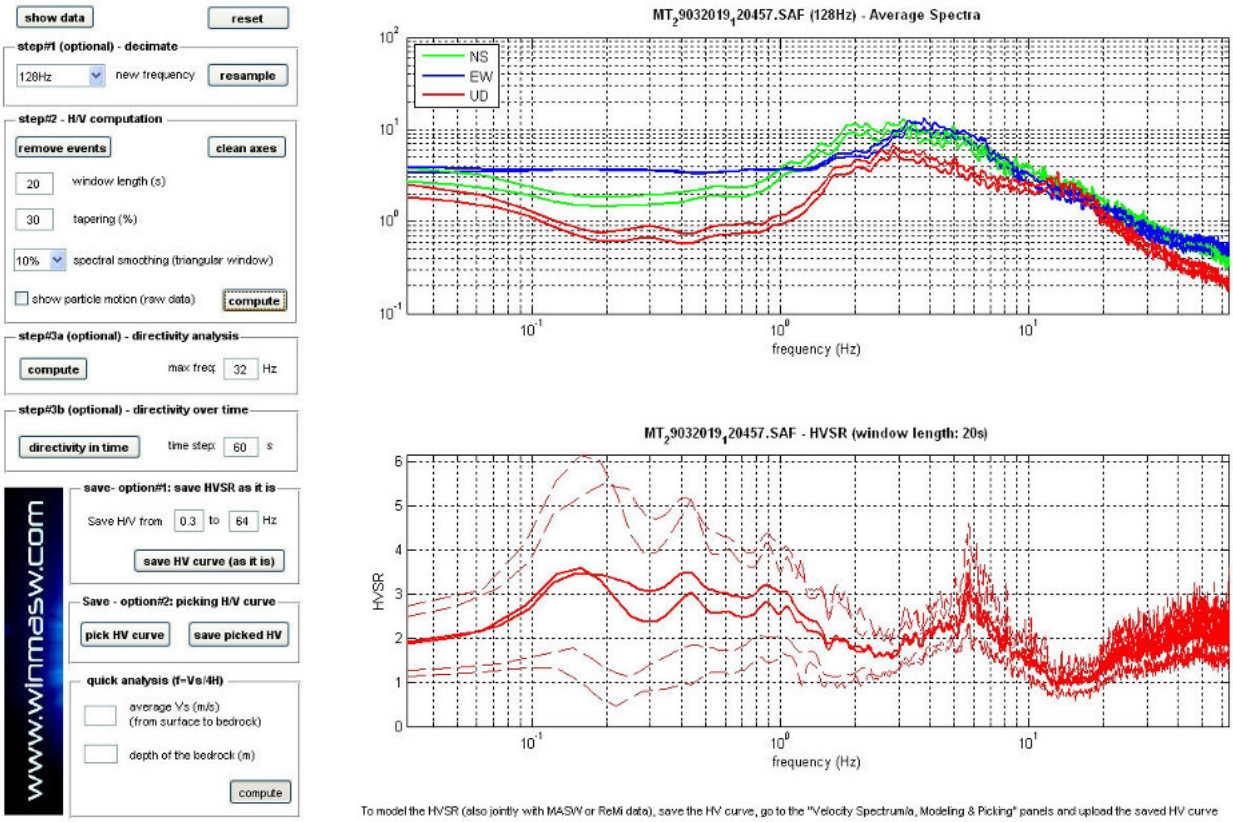


TAVOLA 6 – Parametri di settaggio

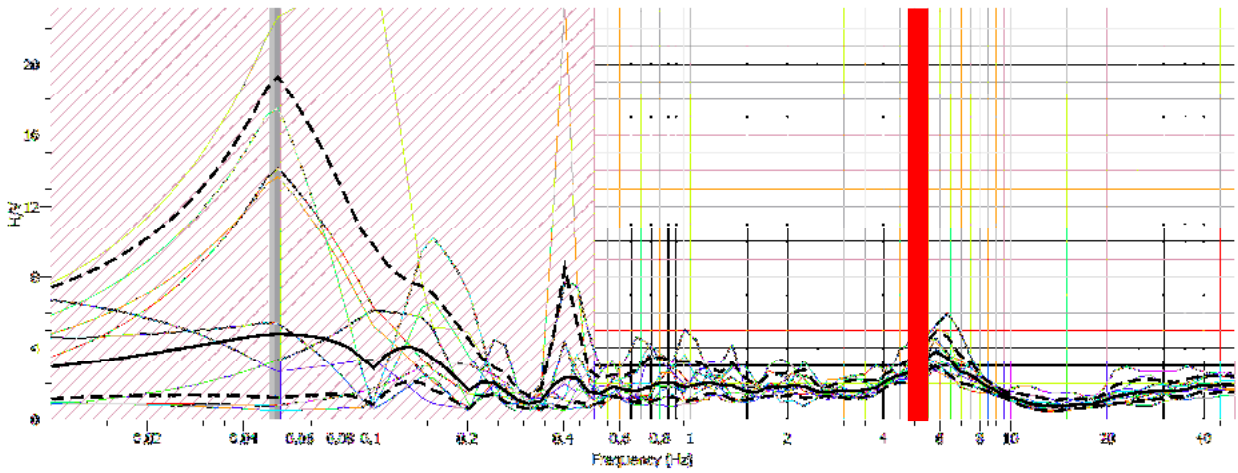


TAVOLA 6 - Grafico del rapporto H/V

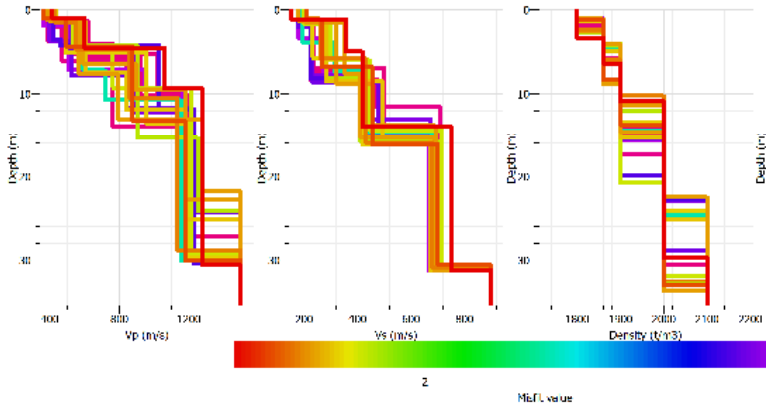


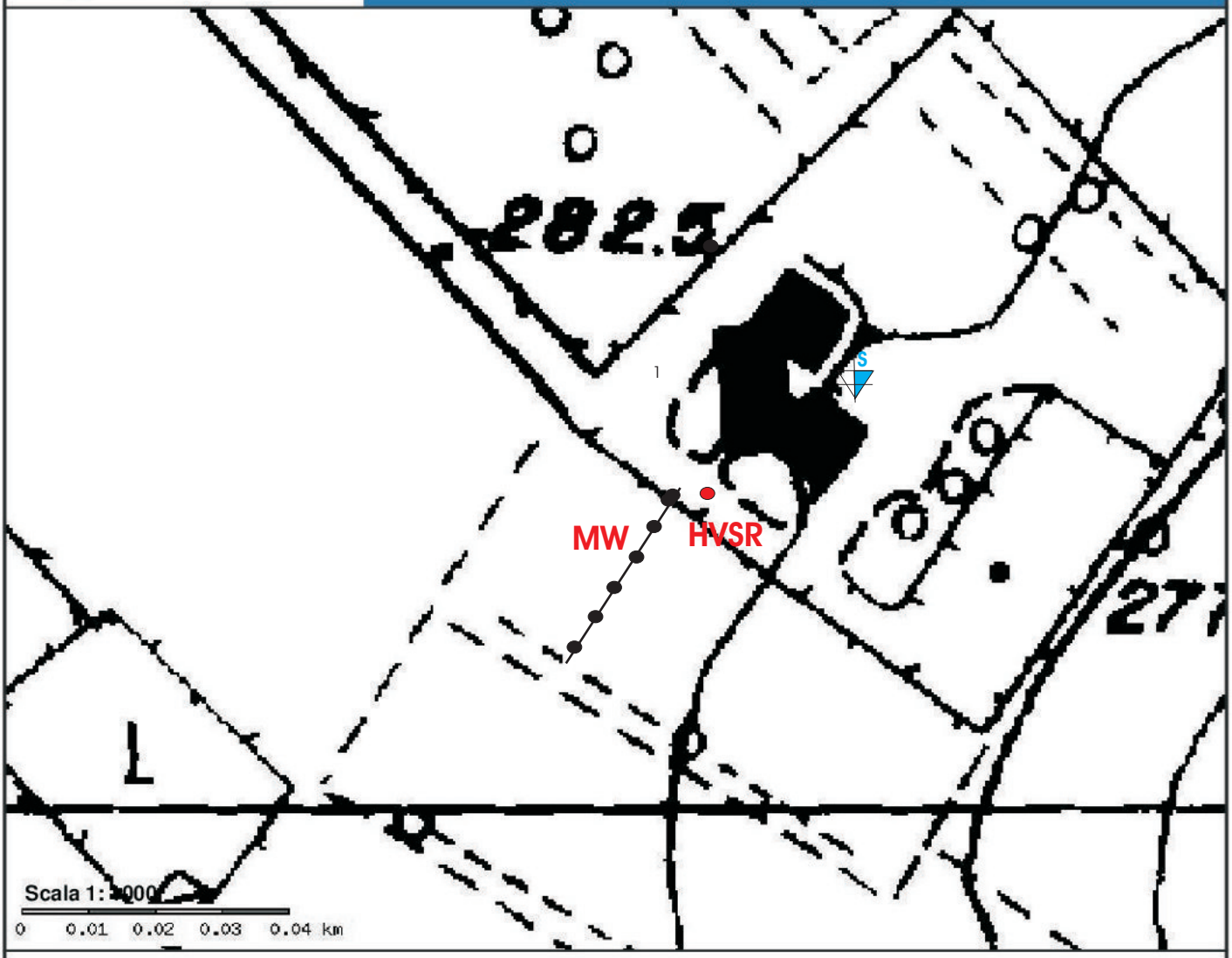
TAVOLA 6 – Grafico del processo di inversione congiunta e stima del bedrock sismico 32.00 m da p.c.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

FOTO N°1 - Stendimento dell'indagine sismica MASW

FOTO N°2 - Stazione di acquisizione della sismica passiva HVSR

Regione Umbria



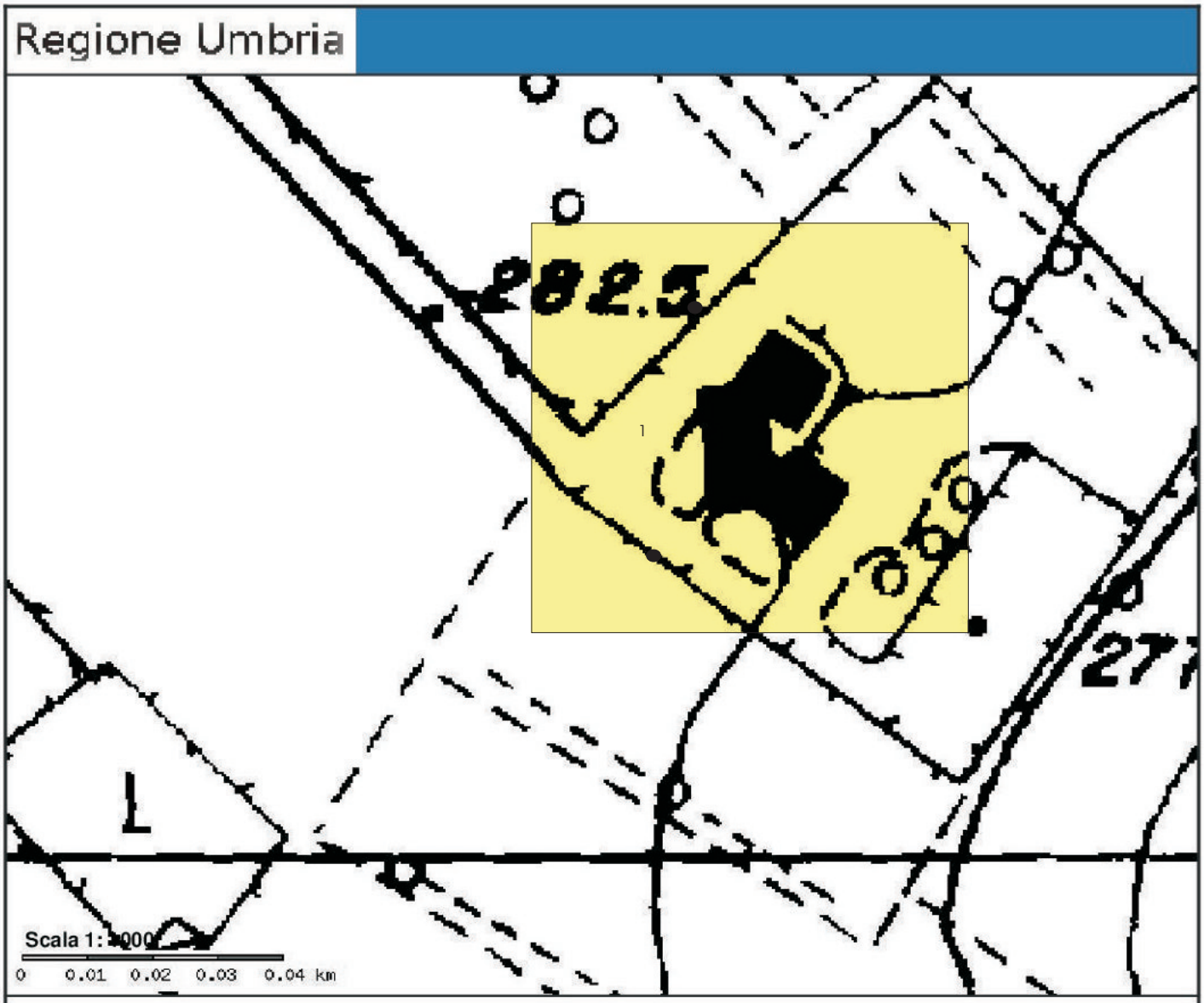
Oggetto: Comune di Perugia - Variante compensativa al PRG.

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA

Carta delle indagini

Legenda

S	Prova penetrometrica dinamica
MW	MASW
	HVSR



Oggetto: Comune di Perugia - Variante compensativa al PRG.

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA

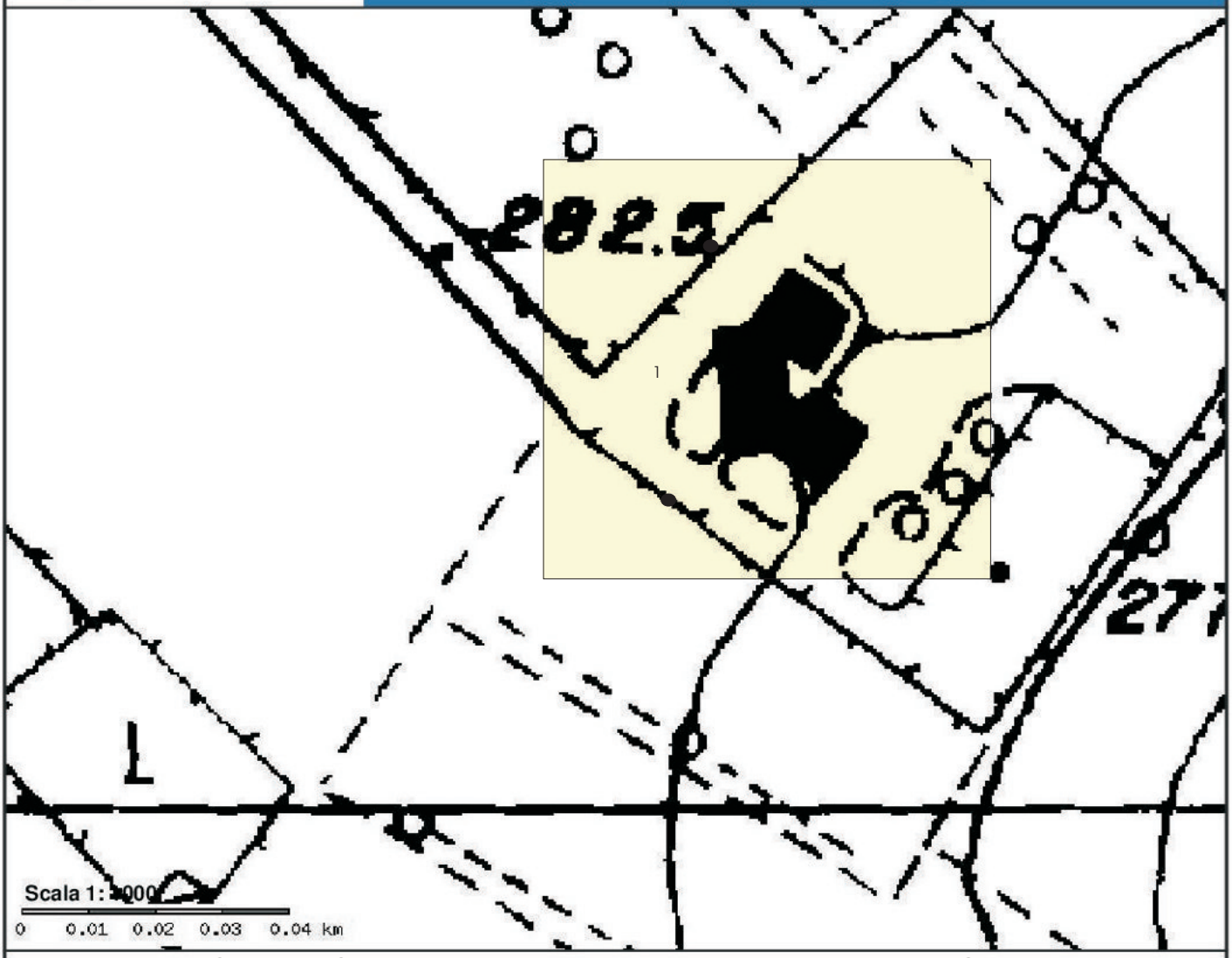
Carta GEOLOGICO-TECNICA

Legenda

Legenda della CGT_MS:terreni di copertura

SC : Sabbie argillose, miscela di sabbia e argilla

Regione Umbria



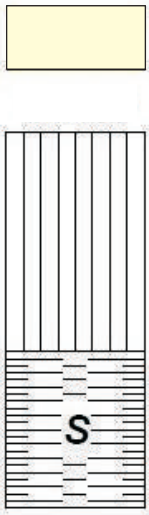
Oggetto: Comune di Perugia - Variante compensativa al PRG.

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA

Carta delle MOPS Microzone omogenee in prospettiva sismica

Zona 12 delle Unità sintemiche

Legenda

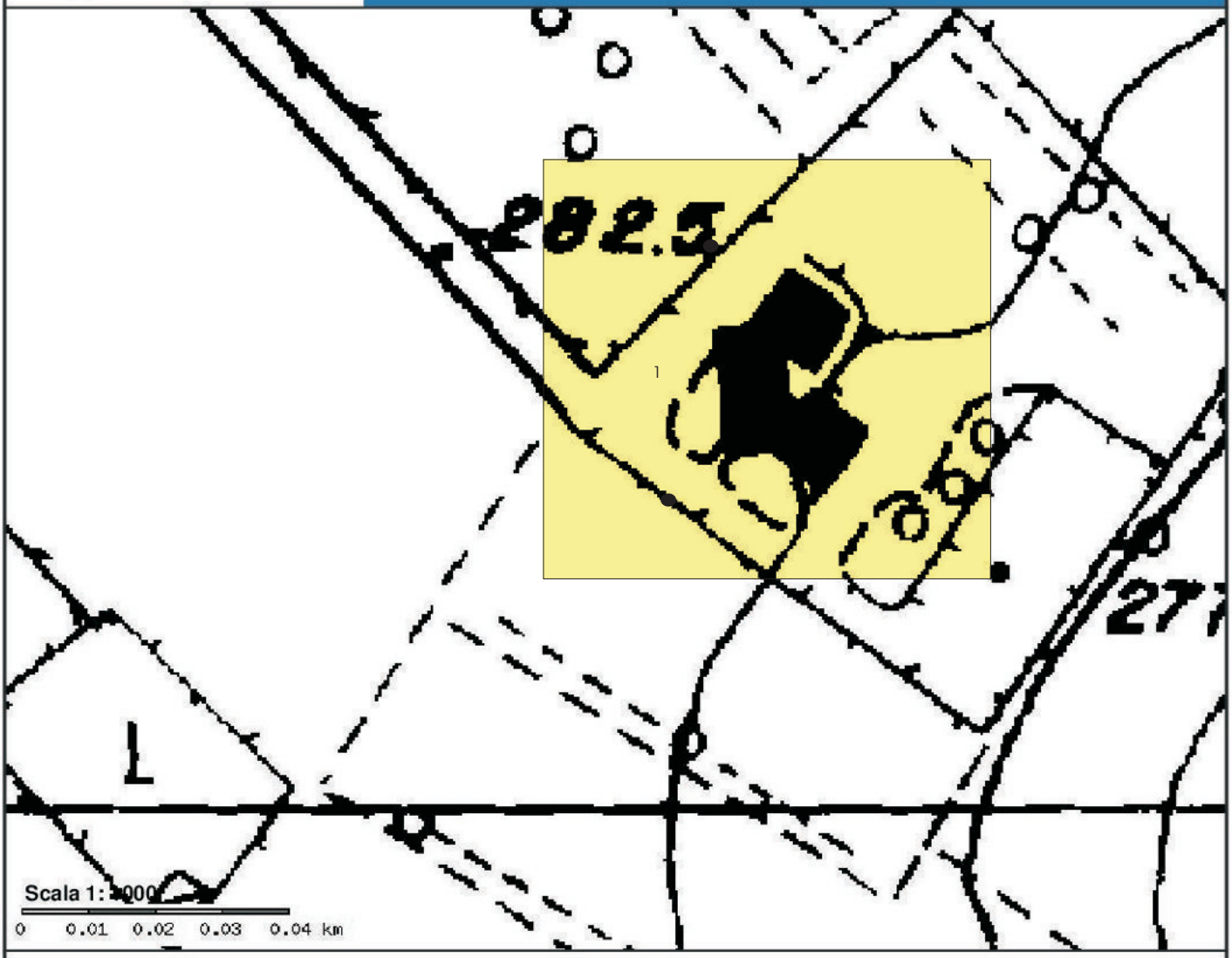


Limi argilloso sabbiosi

32m

Substrato sismico

Regione Umbria



Oggetto: Comune di Perugia - Variante compensativa al PRG.

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA

Carta di Microzonazione sismica

Legenda

Fa=1,38