



Geologia tecnica
ed ambientale
Cartografia tematica

Committente: Effe Invest S.p.A.

Comune: Maddaloni (CE)

Oggetto: Piano urbanistico attuativo alla via Caudina, ai sensi della L.R. 9/83 – Titolo II - e della L.R. 16/04 Artt. 26 e 27, su ex area Industria Conserviera censita in catasto fabbricati al foglio 21 particelle 5473, 5474, 5475 (ex 78, 183, 206, 209).

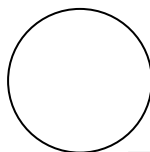
Microzonazione sismica

Data: Aprile 2025

Allegato: 4

Il committente:

Il geologo incaricato:



(dott. Vincenzo Sollitto)

Firmato digitalmente

Comune di Maddaloni

Provincia di Caserta


Piano Urbanistico Attuativo di via Caudina


Committente: Effe Invest S.p.A.

CARTA DEI VALORI FA E FV

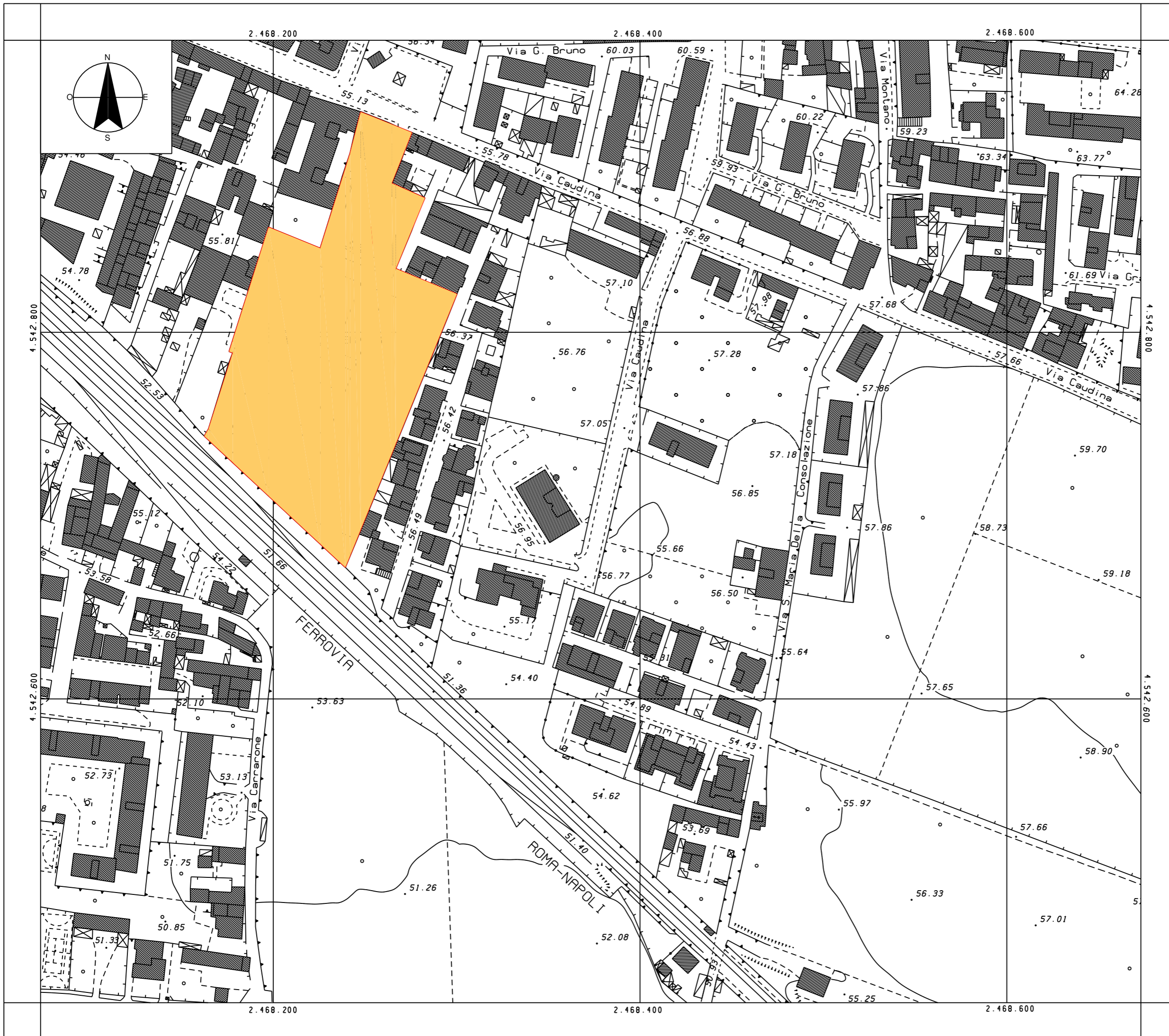
Scala 1:2000

LEGENDA

 Area caratterizzata da un valore di $F_A = 0,95$ e $F_V = 1,74$

 Ubicazione misura HVSR

Redatto: Aprile 2025



MICROZONAZIONE SISMICA DI II LIVELLO

L'obiettivo della Microzonazione Sismica di II livello è di fornire quantificazioni numeriche della modificazione locale del moto sismico in superficie a causa di contrasti di rigidità presenti nel sottosuolo. In particolare, la quantificazione numerica degli effetti è rappresentata dai fattori di amplificazione **FA** (fattore di amplificazione a basso periodo in termini di accelerazione nell'intervallo 0,1-0,5s) e **FV** (fattore di amplificazione a basso periodo in termini di pseudo-velocità nell'intervallo 0,1-0,5s), ottenuti confrontando gli spettri medi in ingresso con quelli in uscita (rapporto dell'intensità di Housner) per i periodi considerati.

Per il calcolo dei fattori FA e FV, non essendo disponibili gli abachi della Regione Campania, sono stati utilizzati quelli contenuti negli ICMS 2008 Parte III. I valori riportati negli abachi sono la media dei risultati ottenuti da 7 simulazioni condotte con 7 accelerogrammi diversi per ciascun livello energetico (0,06g, 0,18g o 0,26g), su ciascun litotipo, spessore H e per il profilo Vs.

L'utilizzo degli abachi nell'area oggetto di studio è stato possibile in quanto si ritrova un assetto geologico assimilabile ad un modello fisico monodimensionale e non sono state riscontrate le seguenti situazioni che ne limitano l'utilizzo come:

- forme molto acclivi di superficie (possibili effetti di amplificazione topografica);
- aree soggette ad instabilità;
- bacini sepolti, ovvero forme concave o articolate del substrato rigido sismico con riempimenti di sedimenti soffici;
- situazioni litostratigrafiche con significative inversioni delle velocità Vs;
- aree con deformazioni permanenti.

Lo studio di Microzonazione Sismica di II livello è stato condotto in più fasi. Nella prima fase è stata effettuata un'accurata analisi dei dati stratigrafici, geomeccanici e geofisici, da indagini realizzate in sito; in particolare, sono state

analizzate le stratigrafie di alcuni sondaggi geognostici realizzati sul lotto e nelle zone limitrofe rispetto al lotto in esame, la misura del microtremore H.V.S.R. e 1 prova sismica “Down-Hole”, realizzate nel lotto in esame.

Nella seconda fase, sono stati identificati tra gli Abachi forniti dalle Linee Guida della Protezione Civile Nazionale quelli corrispondenti alla litologia prevalente in sito, scelta all’interno delle 3 famiglie litologiche previste. La scelta degli Abachi e l’identificazione del substrato rigido hanno consentito di determinare i valori di F_A ed F_V .

I risultati e l’analisi delle suddette prove sono stati utilizzati per determinare la frequenza fondamentale del sito ed individuare l’eventuale profondità del bedrock sismico.

Per quel che riguarda il bedrock sismico, quest’ultimo può essere associato alla frequenza di 1,2 Hz individuata con l’indagine HVSR che indica una profondità del bedrock intorno ai 100 m. Inoltre, per avere una corrispondenza con le altre indagini eseguite, si è proceduto nel modo seguente: al fine di determinare una profondità H alla quale $VS > 800$ m/s, si è ipotizzato che le proprietà dei terreni siano gradualmente crescenti con la profondità (grazie all’aumento del grado di addensamento dovuto al proprio peso litostatico); quindi, utilizzando i risultati scaturiti dalla prova sismica in foro “Down-hole”, si è costruita una retta interpolando gli ultimi valori delle velocità registrati nelle formazioni dei affioranti (che si presume si seguono fino a grandi profondità).

Dall’intersezione di quest’ultima con la proiezione del valore $VS = 800$ m/s, è stato determinato approssimativamente la profondità del bedrock.

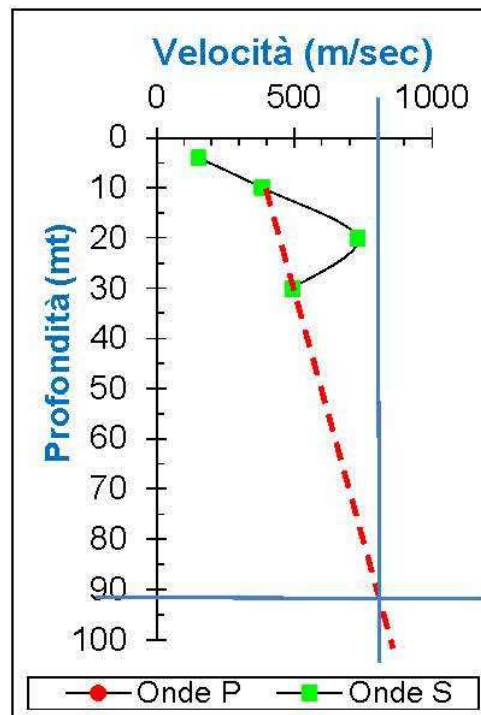
Di seguito si riporta la sintesi dei risultati delle prove eseguite sul lotto in oggetto e la determinazione della profondità del bedrock secondo quanto sopra descritto.

Come si evince dai grafici successivi la profondità del bedrock sismico è stata individuata alla profondità di 92 metri dal piano campagna, profondità compatibile con il valore di frequenza determinato con l’indagine HVSR, di cui si riportano a corredo della presente le risultanze dell’indagine commissionata alla G.G.I. s.a.s.

SINTESI DEI RISULTATI

INDIVIDUAZIONE DEL BEDROCK SISMICO

DOWN-HOLE		
Profondità dal p.c. in mt	ONDE P	ONDE S
	Velocità in m/sec	Velocità in m/sec
4,00		153
10,00		383
20,00		729
30,00		494



SCelta DEGLI ABACHI E DETERMINAZIONE DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE

Sulla base del modello geologico, stratigrafico e geofisico del sito, è emerso che la litologia affiorante prevalente è quella delle sabbie limoso-argillose e limi sabbiosi (pozzolane e cineriti); pertanto, è stata individuata come *litologia prevalente quella delle sabbie*, corrispondente al maggior spessore cumulato lungo tutta la verticale delle indagini.

Scelta la litologia prevalente e visto l'andamento delle velocità delle onde sismiche con la profondità, in riferimento agli abachi proposti nelle "Linee guida della Protezione Civile Nazionale", si è scelto di utilizzare i valori riportati per un profilo delle velocità "*lineare con pendenza intermedia*".

Inoltre, per la determinazione del V_{SH} , ci si riferisce alla seguente tabella proposta dalle suddette Linee guida.

Tabella 3.2.2 - Valori di V_{s30} (velocità equivalente nei primi 30 m) alle diverse profondità (H) corrispondenti alle diverse V_{SH} (velocità equivalenti su tutto lo spessore del deposito) per il profilo con pendenza intermedia.

	V_{SH} (m/s)									
	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
35	143.8	191.0	238.0	285.9	335.2	385.1	435.6	486.3	589.3	693.9
40	139.2	184.1	228.8	275.3	324.1	374.0	424.8	476.1	581.4	689.4
50	131.6	172.7	213.7	257.9	306.0	355.7	407.1	459.5	568.5	682.1
60	126.7	165.4	204.0	246.7	294.3	344.1	395.7	448.9	560.3	677.5
70	122.7	159.4	196.0	237.5	284.8	334.6	386.5	440.3	553.8	673.8
80	120.6	156.4	191.9	232.8	280.0	329.7	381.8	436.0	550.5	671.9
90	118.6	153.3	187.9	228.1	275.1	324.9	377.2	431.6	547.1	670.1
100	116.5	150.2	183.7	223.4	270.2	320.0	372.5	427.3	543.8	668.3
110	115.5	148.7	181.6	220.9	267.7	317.5	370.2	425.0	542.1	667.3
120	114.4	147.1	179.5	218.5	265.2	315.0	367.8	422.8	540.5	666.4
130	113.4	145.5	177.3	216.1	262.6	312.6	365.4	420.6	538.8	665.4
140	112.3	143.9	175.2	213.6	260.1	310.1	363.0	418.4	537.1	664.5
150	111.2	142.3	173.1	211.2	257.5	307.5	360.6	416.2	535.4	663.6

Infine, gli abachi per la determinazione dei fattori **FA** e **FV** proposti nelle Linee guida sono riferiti a tre litotipi (argille, sabbie e ghiaie) e a tre livelli energetici (0,06g, 0,18g e 0,26g); per determinare il valore di a_g più vicino ai tre livelli è stato utilizzato il programma Spettri – NTC ver.1.0.3 considerando un periodo di ritorno pari a 475 anni; come si evince dalla figura che segue il valore di

a_g determinato è pari a 0,143; pertanto, sono state prese in riferimento le tabelle proposte dalle Linee Guida con a_g pari a 0,18g.

Valori dei parametri a_g , F_o , T_c^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
30	0,047	2,350	0,285
50	0,059	2,377	0,316
72	0,070	2,383	0,332
101	0,080	2,414	0,344
140	0,091	2,431	0,354
201	0,104	2,456	0,364
475	0,143	2,466	0,401
975	0,181	2,501	0,417
2475	0,236	2,570	0,440

Fattore di amplificazione <i>FA</i>	Tipo di terreno Sabbia	a_g (g) 0.18g										Profilo di velocità Lineare pendenza intermedia
		V_{RH} (m/s)										
		150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	
H	5	-	1.97	1.67	1.53	1.32	1.18	1.10	1.06	1.02	1.01	
	10	-	2.24	2.13	1.85	1.59	1.40	1.28	1.19	1.08	1.03	
	15	-	1.93	2.09	1.97	1.78	1.61	1.45	1.32	1.16	1.06	
	20	-	1.64	1.88	1.92	1.80	1.65	1.52	1.40	1.21	1.08	
	25	-	1.42	1.69	1.75	1.73	1.63	1.52	1.41	1.24	1.11	
	30	-	-	1.48	1.64	1.60	1.58	1.49	1.40	1.24	1.11	
	35	-	-	1.43	1.46	1.51	1.47	1.45	1.36	1.23	1.10	
	40	-	-	1.37	1.41	1.38	1.38	1.35	1.32	1.20	1.09	
	50	-	-	1.23	1.34	1.33	1.29	1.25	1.20	1.14	1.06	
	60	-	-	1.10	1.23	1.27	1.25	1.20	1.16	1.09	1.02	
	70	-	-	0.97	1.13	1.18	1.20	1.17	1.13	1.05	0.98	
	80	-	-	0.89	1.04	1.11	1.14	1.14	1.11	1.03	0.97	
	90	-	-	0.82	0.95	1.04	1.08	1.10	1.08	1.02	0.95	
	100	-	-	0.76	0.91	0.98	1.02	1.04	1.06	1.00	0.94	
	110	-	-	0.71	0.84	0.91	0.97	1.00	1.01	0.98	0.92	
120	-	-	0.67	0.80	0.89	0.92	0.96	0.98	0.96	0.91		
130	-	-	0.62	0.76	0.85	0.90	0.92	0.95	0.94	0.90		
140	-	-	0.58	0.72	0.81	0.87	0.90	0.91	0.91	0.88		
150	-	-	0.54	0.69	0.76	0.84	0.87	0.89	0.89	0.86		

Fattore di amplificazione		Tipo di terreno		a_g (g)		Profilo di velocità					
FV		Sabbia		0.18g		Lineare pendenza intermedia					
		V_{SH} (m/s)									
		150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
H	5	-	1.11	1.06	1.03	1.02	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00
	10	-	1.80	1.31	1.14	1.09	1.06	1.04	1.03	1.01	1.00
	15	-	2.34	1.83	1.45	1.22	1.14	1.09	1.06	1.03	1.01
	20	-	2.55	2.18	1.76	1.46	1.27	1.17	1.12	1.05	1.02
	25	-	2.46	2.37	2.00	1.68	1.44	1.28	1.18	1.08	1.03
	30	-	-	2.39	2.11	1.79	1.57	1.39	1.26	1.11	1.05
	35	-	-	2.32	2.20	1.91	1.64	1.47	1.33	1.15	1.06
	40	-	-	2.29	2.17	1.97	1.74	1.53	1.37	1.18	1.08
	50	-	-	2.10	2.10	1.95	1.78	1.63	1.48	1.23	1.10
	60	-	-	2.05	1.99	1.89	1.77	1.62	1.49	1.27	1.11
	70	-	-	1.89	1.90	1.81	1.71	1.61	1.49	1.28	1.13
	80	-	-	1.75	1.82	1.73	1.63	1.55	1.47	1.28	1.13
	90	-	-	1.71	1.74	1.69	1.58	1.50	1.43	1.27	1.13
	100	-	-	1.69	1.62	1.64	1.55	1.46	1.39	1.25	1.12
	110	-	-	1.67	1.59	1.58	1.52	1.43	1.35	1.22	1.11
120	-	-	1.63	1.58	1.49	1.48	1.41	1.32	1.20	1.07	
130	-	-	1.60	1.57	1.46	1.42	1.38	1.31	1.17	1.06	
140	-	-	1.55	1.53	1.44	1.37	1.35	1.28	1.15	1.05	
150	-	-	1.45	1.50	1.45	1.35	1.31	1.26	1.13	1.04	

Tenendo conto delle coppie di valori H- V_{SH} , per ogni singolo punto di indagine sono stati individuati i fattori di amplificazione FA e FV, sintetizzati nella tabella seguente, nella quale si riporta il tipo di prova, il V_{S30} , la profondità del bedrock sismico (ovvero la profondità dove si raggiungono le velocità delle onde S superiore a 800 m/sec), il V_{SH} e, infine, i fattori di amplificazione FA e FV.

Tipo prova	V_{S30}	Prof. bedrock sismico (m dal p.c.)	V_{SH}	FA	FV
Down-hole	396	92	320	0,95	1,74

Come si può osservare, per il lotto in esame, il valore di FA è pari a 0,95, mentre il valore di FV è 1,74.



Via G. Garibaldi, 16 - CASAGIOVE (CE)

Tel. & Fax 0823/1702550

E-Mail: ggisas@libero.it

Cell. 339/7271088

COMUNE DI MADDALONI

Provincia di CASERTA

**Indagine geofisica mediante l'esecuzione di n. 1
misura sismica tipo H.V.S.R. ai fini del progetto
di PUA di Via Caudina**

Committente:

Effe Invest S.p.A.

RELAZIONE GEOFISICA

Il Direttore Tecnico

Dott. Geol. Antonio D'Errico

G.G.I. s.a.s.

Il Direttore Tecnico

Dott. Geol. Antonio D'Errico

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Antonio D'Errico", is written over the printed name.

Casagiove, aprile 2025

INDICE

1. PREMESSA	1
2. INDAGINE HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio).....	3
2.1. <i>HVSR – STRUMENTAZIONE IMPIEGATA</i>	5
2.2. <i>HVSR – ESAME DEI RISULTATI</i>	7

APPENDICE 1 – MISURA SISMICA H.V.S.R.

1. PREMESSA

A seguito dell'incarico ricevuto dalla Effe Invest S.p.A., è stata eseguita una campagna di indagine geofisica ai fini del progetto di **PUA di Via Caudina**, nel comune di Maddaloni (CE).

A tale scopo è stata effettuata la seguente indagine:

- n° 1 misura sismica tipo **H.V.S.R.** (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*).

In **figura 1** si riporta l'ubicazione dell'area in esame, mentre in **figura 2** si riporta l'ubicazione della prova effettuata.



Figura 1 – Ubicazione dell'area in esame



Figura 2 – Ubicazione prova effettuata

2. INDAGINE HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)

La misura HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è una tecnica sismica passiva a stazione singola (originariamente proposta da Y. Nakamura), finalizzata all'individuazione delle frequenze caratteristiche di risonanza di sito a partire dalla registrazione delle vibrazioni in un suo punto. Esse sono correlabili ai cambi litologici presenti sia all'interno della copertura che nell'ammasso roccioso.

Un suolo vibra con maggiore ampiezza a specifiche frequenze (per l'appunto di risonanza) non solo quando è eccitato da un terremoto ma anche quando è eccitato da un qualsiasi tremore di qualsiasi origine. Questo fa sì che la misura delle frequenze di risonanza dei terreni sia possibile ovunque anche senza terremoti ed è il principio alla base della sismica passiva a stazione singola.

La tecnica dei rapporti spettrali è totalmente non invasiva, molto rapida e si può applicare ovunque; non necessita di alcun tipo di perforazione, stendimento di cavi né di energizzazione esterna diversa dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque.

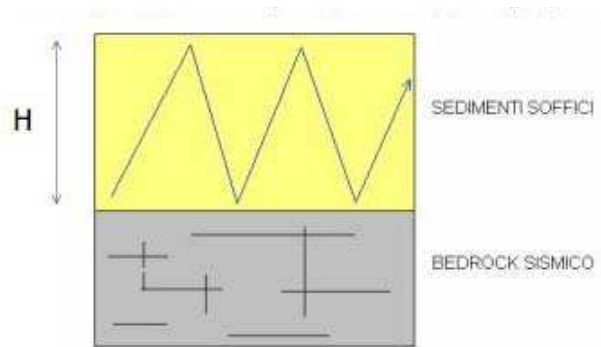
In sintesi la suddetta tecnica prevede:

- ✓ l'acquisizione delle vibrazioni attraverso una terna ortogonale di sensori velocimetrici (geofoni) per un tempo sufficientemente lungo (tipicamente alcuni minuti);
- ✓ la trasformazione dei segnali nel dominio delle frequenze per ciascuna delle tre componenti (X, Y e Z);
- ✓ il calcolo del rapporto tra gli spettri di potenza delle componenti orizzontali (H) e quello della componente verticale (V);
- ✓ l'individuazione della frequenza di vibrazione f_0 in corrispondenza della quale il suddetto rapporto presenta un picco significativo.

Il rapporto tra le componenti orizzontali (H) del moto del suolo e quelle verticali (V), da cui H/V (o HVSR), mette in luce la *frequenza di risonanza di un terreno*.

La risonanza è dovuta all'intrappolamento delle onde tra due superfici in cui si verifica una variazione di impedenza acustica.

La frequenza fondamentale di risonanza f del terreno dipende dallo spessore H del terreno stesso e dalla velocità media V delle onde che lo attraversano.



Dunque, conoscendo lo spessore H del sedimento è possibile avere informazioni sulla velocità media delle onde S e viceversa conoscendo quest'ultima è possibile definire lo spessore dello strato di copertura.

In casi semplici (coperture soffici al di sopra di un basamento sismico rigido) è possibile dimostrare che esiste una relazione diretta tra la frequenza di risonanza e lo spessore dello strato soffice; questa relazione è regolata dall'equazione seguente:

$$f = V_s / 4H$$

dove V_s è la velocità media delle onde S dello strato di copertura (sedimento), ed H è lo spessore dello strato di copertura. Emerge quindi che la tecnica H/V può fornire indicazioni di carattere stratigrafico: nota la V_s delle coperture si può stimare la profondità dei riflettori sismici principali e viceversa.

A tal proposito sono stati prodotti degli abachi preliminari per:

1. Stimare la profondità del contrasto di impedenza responsabile degli effetti osservati
2. Valutare qualitativamente l'entità di questo contrasto

Utilizzando questo strumento, le frequenze di risonanza possono tentativamente essere convertite in spessori permettendo una identificazione preliminare delle interfacce risonanti con il solo scopo (sotto stretto controllo geologico) di fornire indicazioni preliminari sulla struttura del sottosuolo e orientare le indagini successive.

f_0 (Hz)	h (m)	
< 1	> 100	Centinaia di metri
1 – 2	50 – 100	
2 – 3	30 – 50	
3 – 5	20 – 30	Decine di metri
5 – 8	10 – 20	
8 – 20	5 – 10	
> 20	< 5	Qualche metro

H/V >3 Alto contrasto
2<H/V<3 Basso Contrasto

La *frequenza caratteristica di risonanza di sito* rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale, in quanto si dovranno adottare determinate precauzioni nell'edificare strutture aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno al fine di evitare l'effetto di "doppia risonanza" che è estremamente pericoloso per la stabilità delle stesse.

2.1. HVSR – STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

Per l'acquisizione di dati HVSR è stato utilizzato il sismografo **Vibralog** della **M.A.E.**, con risoluzione 24 bit e 3 canali e a cui si collega un sensore da superficie costituito da un unico contenitore con integrati una terna di geofoni con una frequenza di 2Hz. La suddetta terna è composta da due geofoni orizzontali perpendicolari tra loro ed uno verticale che hanno la stessa risposta/sensibilità in termini di ampiezza.

Di seguito sono riassunte le Specifiche tecniche del sismografo **Vibralog**:

- ❖ Geofoni con frequenza da 2 Hz
- ❖ Componente verticale n.1
- ❖ Componenti orizzontali n.2

- ❖ Sfasamento delle componenti orizzontali: 90 gradi
- ❖ Frequenza naturale: 2 – 0,75 Hz
- ❖ Resistenza della bobina a 25°C +/- 5%: 380 Ω
- ❖ Sensibilità tensione a 3810 Ohm +/- 10%: 2V/ in /sec
- ❖ Massa +/- 5%: 23 g
- ❖ Messa in piano per mezzo di piedini con ghiere di regolazione e bolla di livello
- ❖ Contenitore: alluminio
- ❖ Dimensioni: diametro 140 mm, altezza 100 mm
- ❖ Peso: 4 Kg



Sismigrafo Vibralog e Sensore

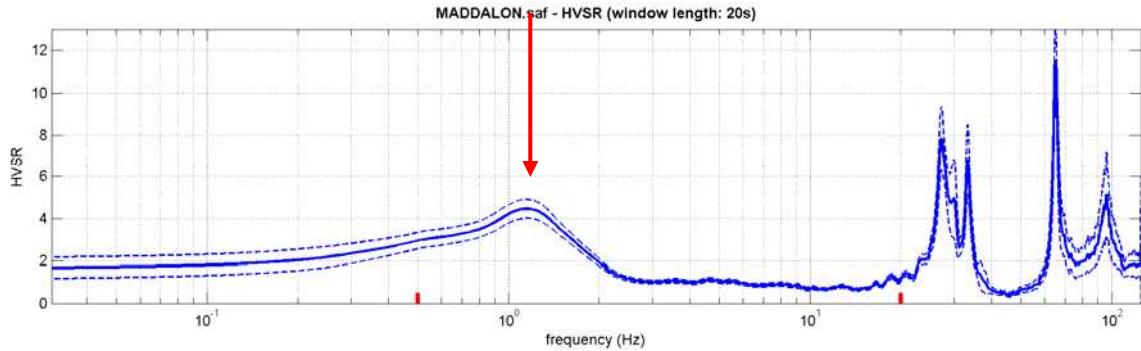
Il sensore è stato orientato verso il nord geografico per una convenzione di campagna ed in modo da valutare eventuali direzionalità del segnale ed è stato messo in bolla.

Per garantirne l'equilibrio ed impedire qualsiasi eventuale vibrazione e/o movimento che avrebbe potuto inficiare la registrazione, è stata eseguita una preparazione del terreno: l'accoppiamento sensore-terreno è stato garantito dall'infissione di particolari ed appositi "piedini" che ne assicurano la stabilità.

Le registrazioni relative al sito in esame hanno avuto durata di 30 minuti, per garantire la rilevazione di un numero significativo di sorgenti ed ottenere una misura affidabile e rappresentativa.

2.2. HVSR – ESAME DEI RISULTATI

Dall'elaborazione dei dati è stato ricavato il seguente valore di frequenza fondamentale (f_0):



Frequenza di Picco Principale (Hz): 1,2

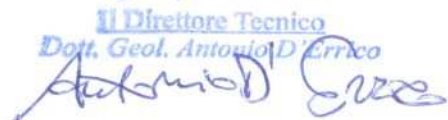
Come si evince dal grafico sopra riportato, è stato individuato un picco di frequenza che, rifacendosi agli abachi citati in precedenza, indicherebbe un contrasto di impedenza posto alla profondità di circa 100 metri dal p.c. (picco $f_0 = 1,2$ Hz), presumibilmente associabile alla presenza del bedrock sismico.

In **Appendice 1**, si restituisce il rapporto tecnico generato dall'elaborazione delle prove, nel quale sono riportate le tracce delle tre componenti acquisite, lo spettro di frequenza delle tre componenti ed infine il grafico della curva H/V.

Casagiove (CE), aprile 2025

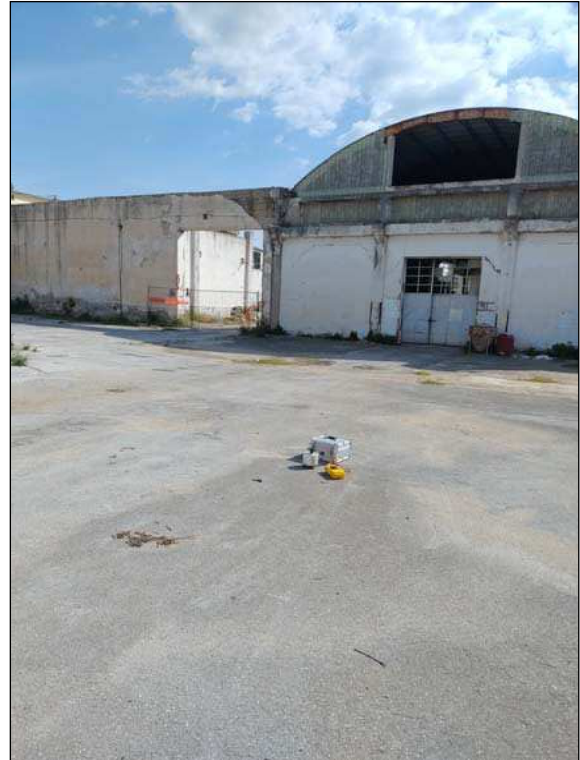
Il tecnico incaricato

Dott. Geol. Antonio D'Errico


Il Direttore Tecnico
Dott. Geol. Antonio D'Errico

APPENDICE 1

MISURA SISMICA H.V.S.R.



Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio from passive seismics

Dataset: MADDALON.saf
Sampling frequency (Hz): 250
Window length (sec): 20
Length of analysed temporal sequence (min): 24.4
Tapering (%): 10

In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range

Peak frequency (Hz): 1.2
Peak HVSR value: 4.5

Criteria for a reliable H/V curve =====

- #1. [$f_0 > 10/L_w$]: $1.2 > 0.5$ (OK)
- #2. [$n_c > 200$]: $3364 > 200$ (OK)
- #3. [$f_0 > 0.5\text{Hz}$; $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$] (OK)

Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) =====

- #1. [exists f_- in the range [$f_0/4, f_0$] | $A_{H/V}(f_-) < A_0/2$]: (NO)
- #2. [exists f_+ in the range [$f_0, 4f_0$] | $A_{H/V}(f_+) < A_0/2$]: yes, at frequency 1.9Hz (OK)
- #3. [$A_0 > 2$]: $4.5 > 2$ (OK)
- #4. [$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \text{ \& } \sigma_A(f)] = f_0 \text{ \& } 5\%$]: (OK)
- #5. [$\sigma_{\text{mf}} < \epsilon(f_0)$]: $0.170 > 0.116$ (NO)
- #6. [$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$]: $0.446 < 1.78$ (OK)

