



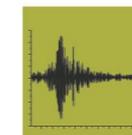
ASSEMBLEA GENERALE
DEGLI ISCRITTI ALL'ORDINE DEI GEOLOGI DEL LAZIO
LA PROFESSIONE DEL GEOLOGO NEL LAZIO
Prevenzione, analisi e soluzioni.



FRANE



EROSIONE



TERREMOTI



CAVITÀ



CAVE

PROVE ED ANALISI DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE NELLA PIANA DI CASSINO

Dott. Geologo
Vincenzo Colagiacomo

GEO4cassino
Geologia applicata all'ingegneria
Geologia ambientale
Idrogeologia



ASSEMBLEA GENERALE DEGLI ISCRITTI ALL'ORDINE DEI GEOLOGI DEL LAZIO

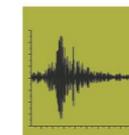
LA PROFESSIONE DEL GEOLOGO NEL LAZIO
Prevenzione, analisi e soluzioni.



FRANE



EROSIONE



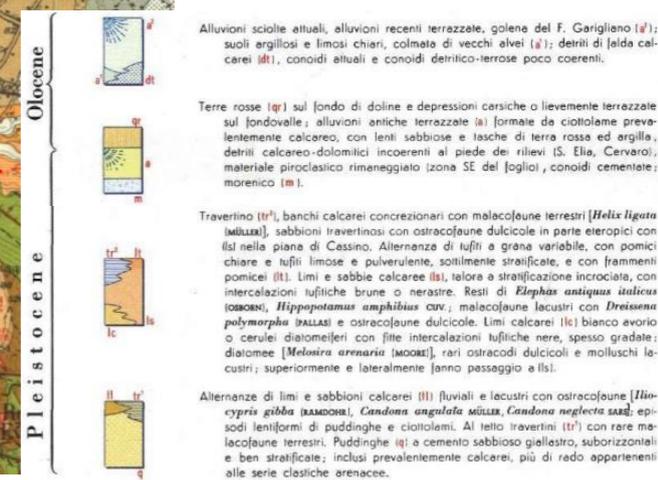
TERREMOTI



CAVITÀ



CAVE





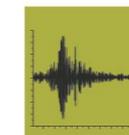
ASSEMBLEA GENERALE
DEGLI ISCRITTI ALL'ORDINE DEI GEOLOGI DEL LAZIO
LA PROFESSIONE DEL GEOLOGO NEL LAZIO
Prevenzione, analisi e soluzioni.



FRANE



EROSIONE



TERREMOTI

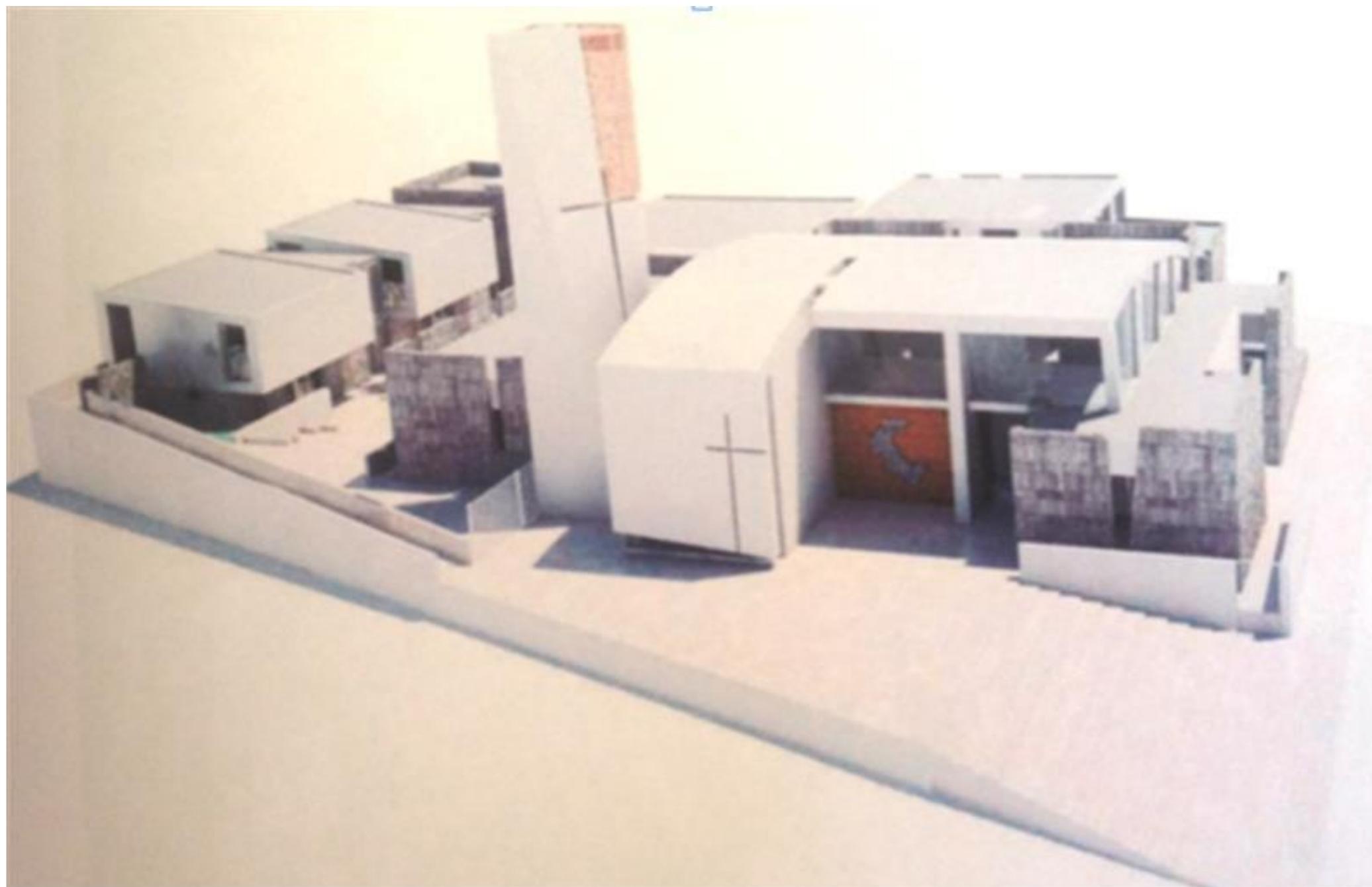


CAVITÀ



CAVE

COMPLESSO PARROCCHIALE "SACRA FAMIGLIA"





ASSEMBLEA GENERALE

DEGLI ISCRITTI ALL'ORDINE DEI GEOLOGI DEL LAZIO

LA PROFESSIONE DEL GEOLOGO NEL LAZIO

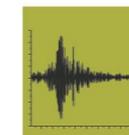
Prevenzione, analisi e soluzioni.



FRANE



EROSIONE



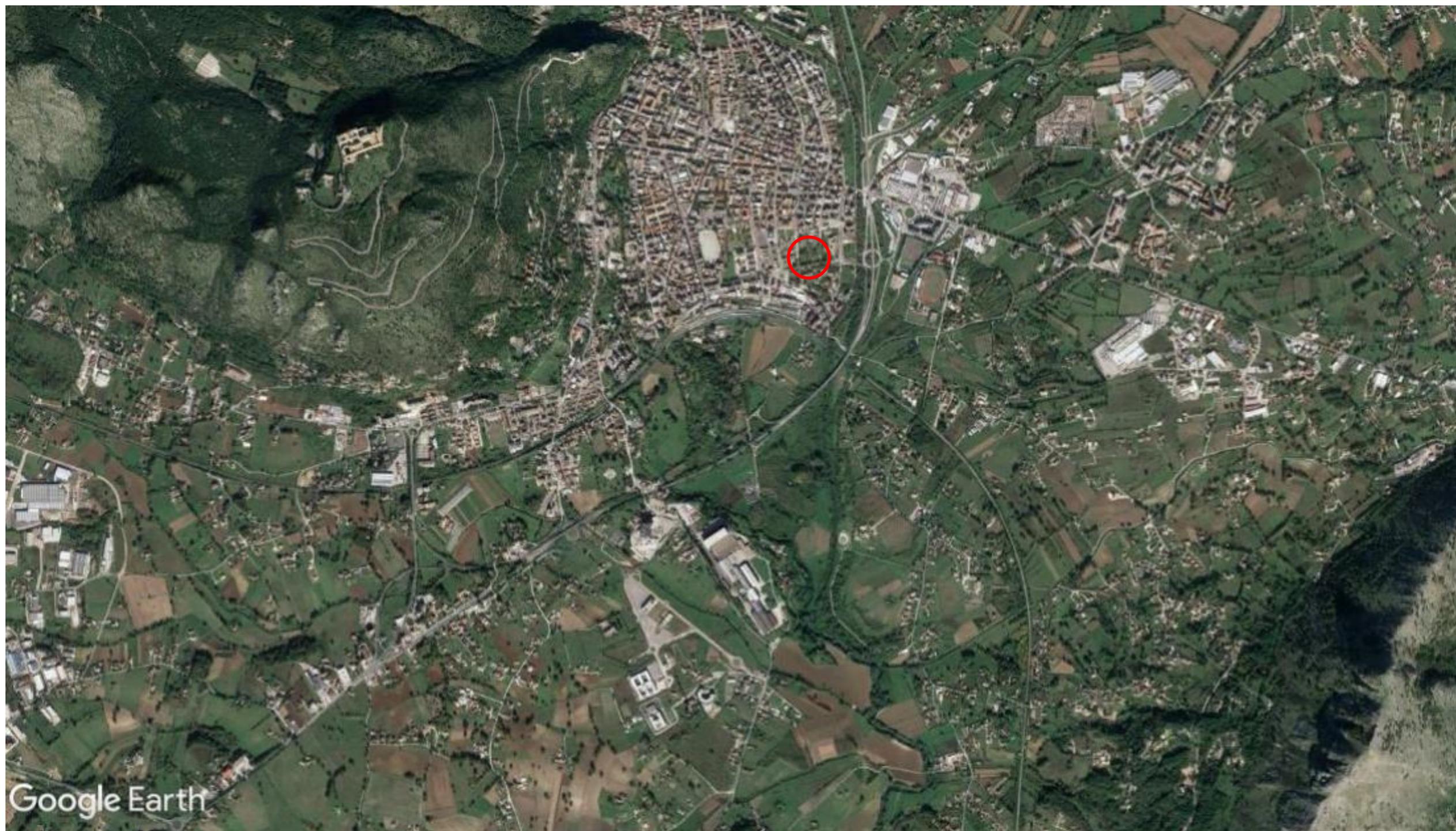
TERREMOTI



CAVITÀ



CAVE

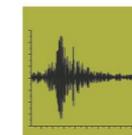




FRANE



EROSIONE



TERREMOTI



CAVITÀ



CAVE

PIANO INDAGINI ORIGINARIO:

- n. 3 sondaggi fino a 30 m con piezometro
- n. 10 campioni
- n. 2 MASW

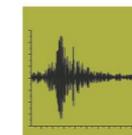
ANNO 2010 – pre Regolamento 2/2012



FRANE



EROSIONE



TERREMOTI



CAVITÀ



CAVE



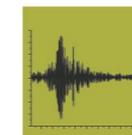
Google Earth



FRANE



EROSIONE



TERREMOTI



CAVITÀ



CAVE

RISULTATI PRINCIPALI DELLO STUDIO DEL 2009:

- alternanza di argille sabbiose, sabbie limose e sabbie
- livelli di torba
- densità relativa minore del 40%
- falda a profondità minore di 1 metro



ASSEMBLEA GENERALE

DEGLI ISCRITTI ALL'ORDINE DEI GEOLOGI DEL LAZIO

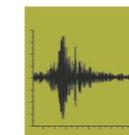
LA PROFESSIONE DEL GEOLOGO NEL LAZIO
Prevenzione, analisi e soluzioni.



FRANE



EROSIONE



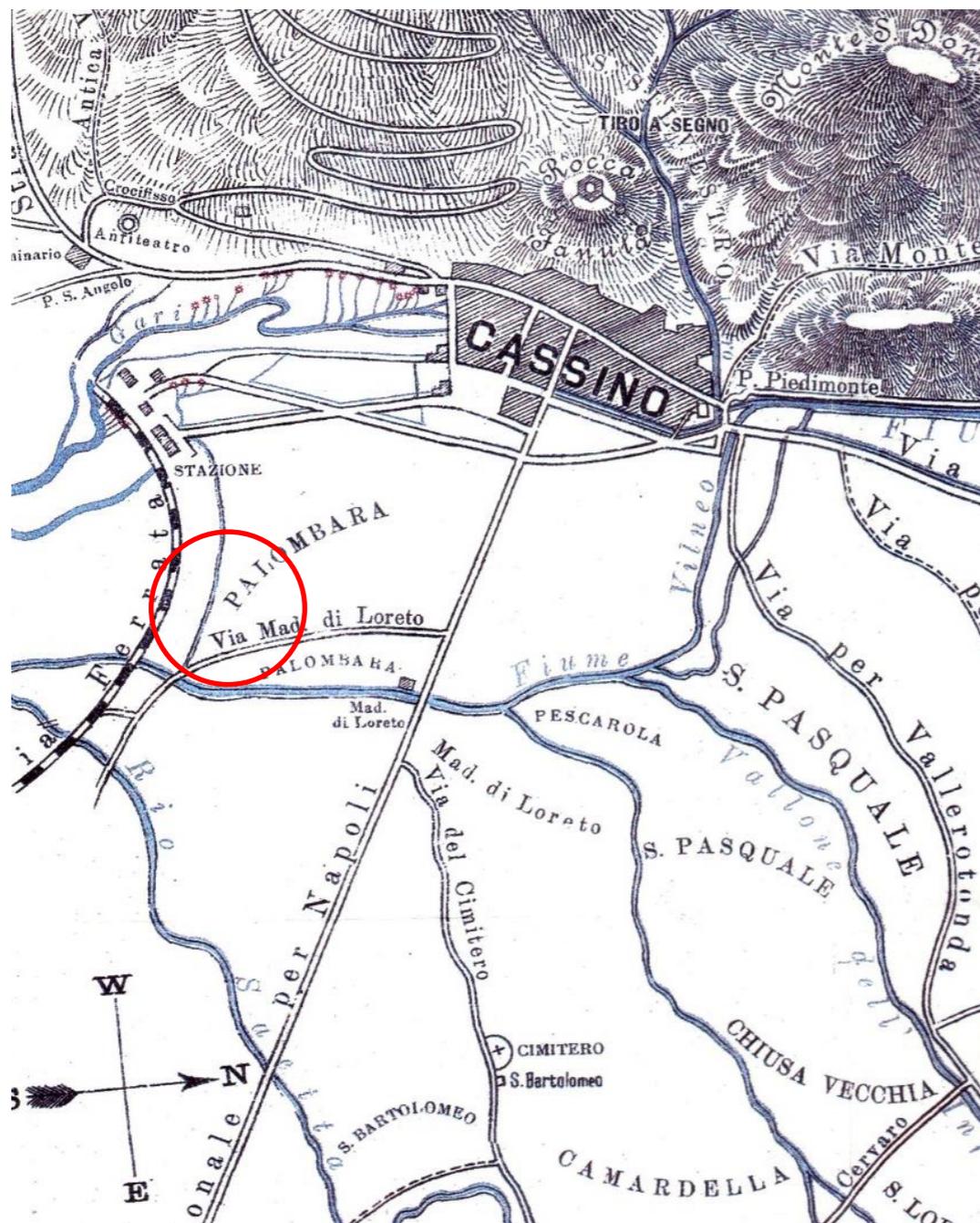
TERREMOTI



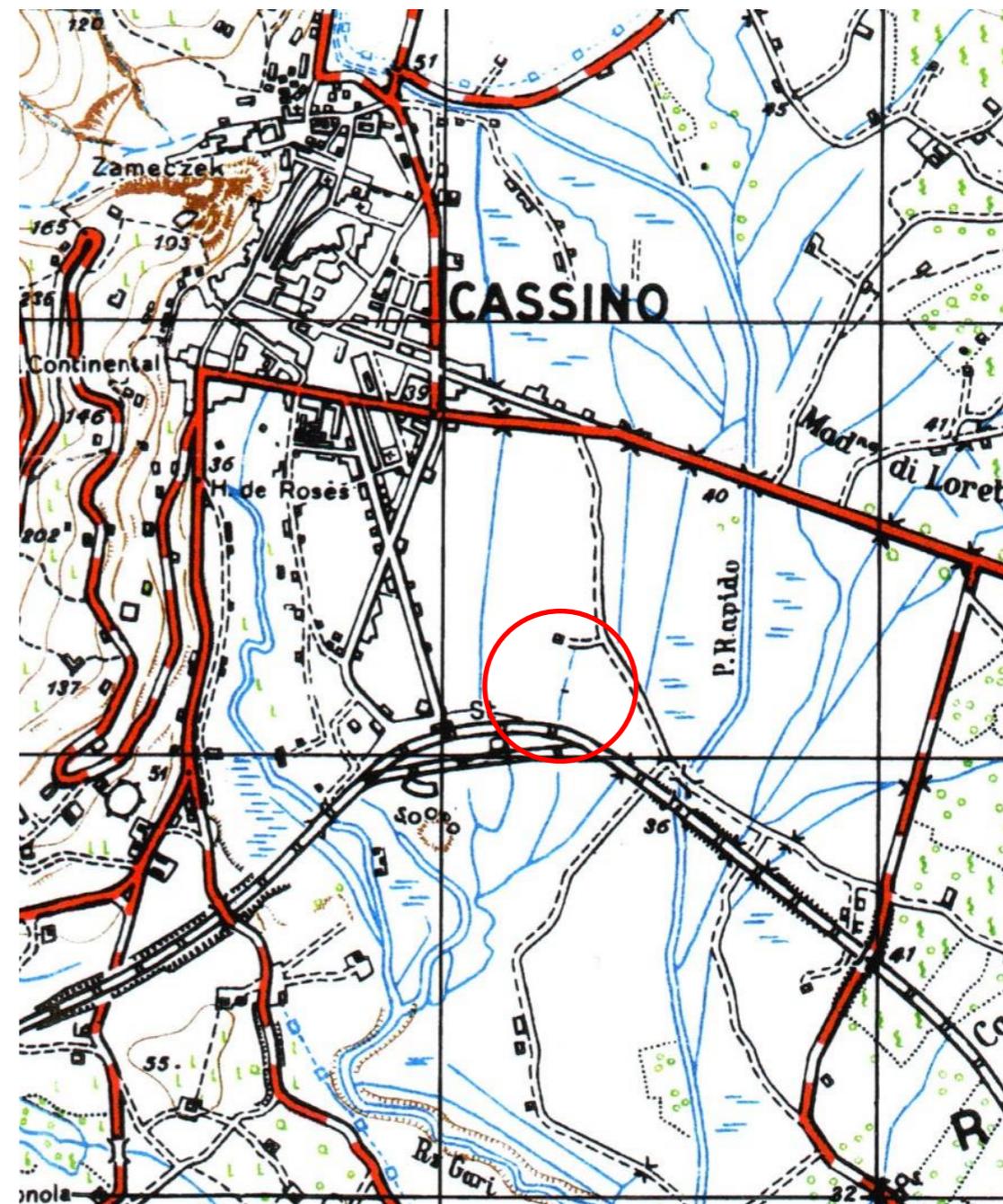
CAVITÀ



CAVE



Da "Cassino e le sue acque" (O. Del Foco, 1902)



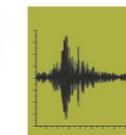
Da cartografia militare dell'esercito polacco (1944)



FRANE



EROSIONE



TERREMOTI



CAVITÀ



CAVE

Punto 7.11.3.4.2 NTC08 - Esclusione della verifica a liquefazione

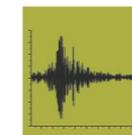
- | | | |
|---------------------------------|--|-------------------------|
| 1) $M < 5$ | | $M > 6$ |
| 2) $a_{\max} < 0,1g$ | | $a_{\max} \approx 0,3g$ |
| 3) profondità falda > 15 m | | prof. falda < 1 m |
| 4) $q_{c1n} > 180$ | | $q_{c1n} \ll 180$ |
| 5) distribuzione granulometrica | | ??? |



FRANE



EROSIONE



TERREMOTI



CAVITÀ



CAVE

PROPOSTA DI MODIFICA DEL PIANO INDAGINI:

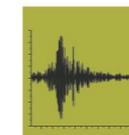
- n. 3 sondaggi fino a 30 m
- **n. 1 piezometro a tubo aperto**
- **n. 6 campioni**
- n. 2 MASW
- **n. 2 prove penetrometriche statiche tipo CPTU**



FRANE



EROSIONE



TERREMOTI



CAVITÀ



CAVE

PROPOSTA DI MODIFICA DEL PIANO INDAGINI:

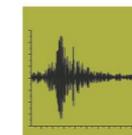
- n. 3 sondaggi fino a 30 m
- **n. 1 piezometro a tubo aperto**
- **n. 6 campioni**
- n. 2 MASW
- **n. 2 prove penetrometriche statiche tipo CPTU**
- **n. 1 prova sismica in foro tipo down hole**
- **n. 2 misure di rumore sismico**



FRANE



EROSIONE



TERREMOTI

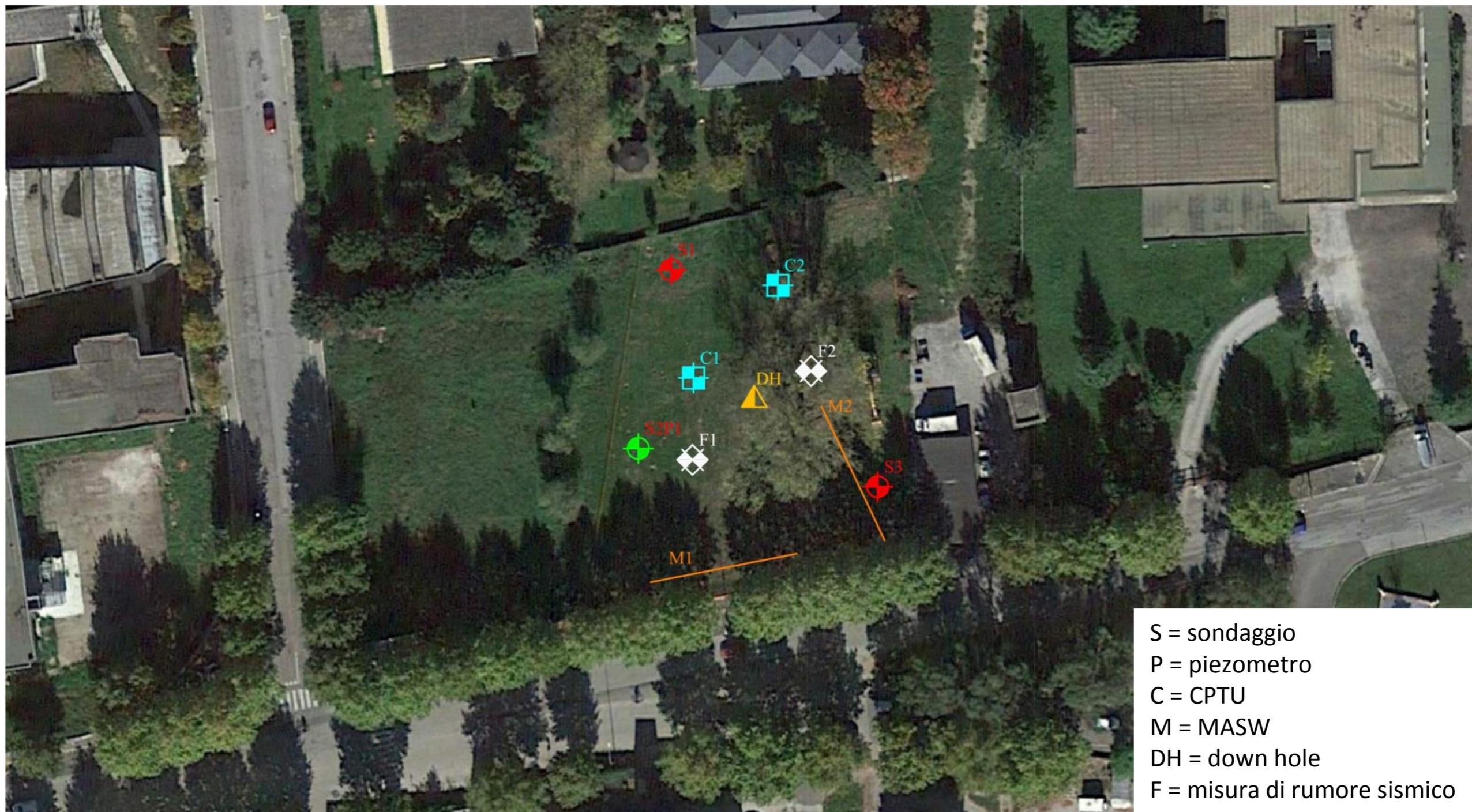


CAVITÀ

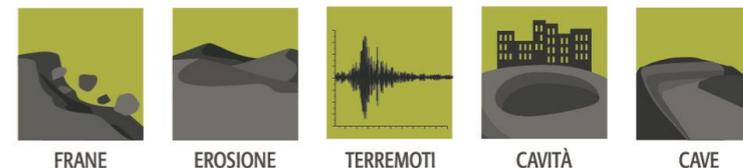


CAVE

UBICAZIONE DELLE INDAGINI



S = sondaggio
P = piezometro
C = CPTU
M = MASW
DH = down hole
F = misura di rumore sismico



ASSETTO STRATIGRAFICO fino a 15 m di profondità

S1

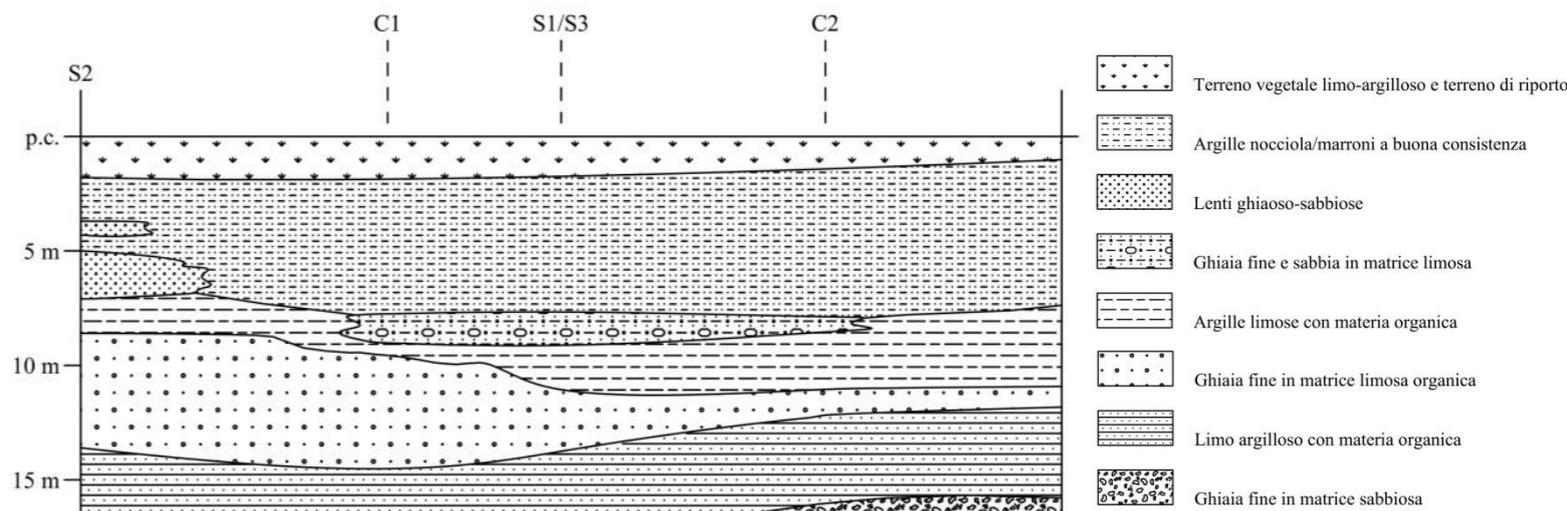
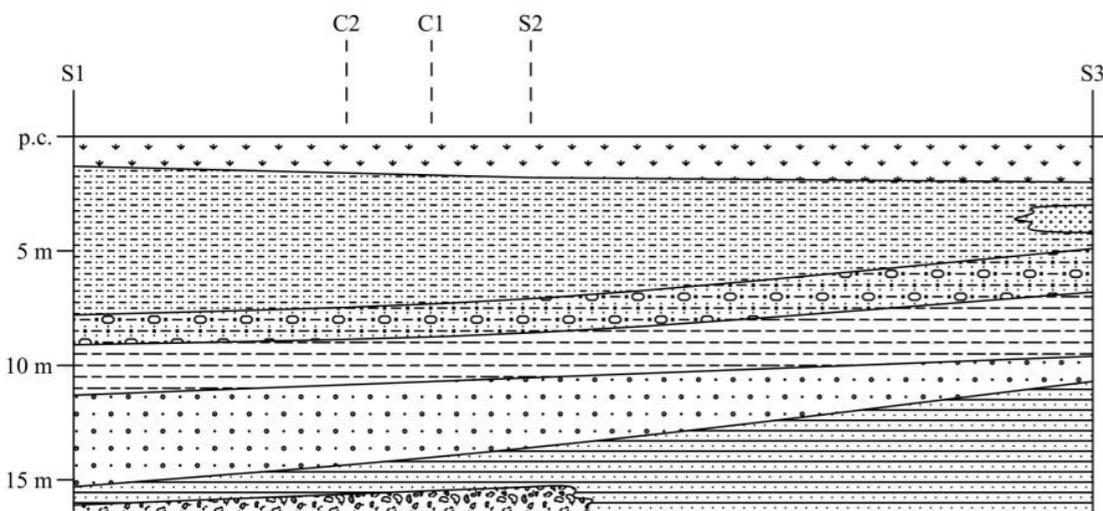
metri	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE
1		1.3	1.3	Terreno vegetale limo-argilloso marrone con rari litici
2		2.2	0.9	Argilla marrone a bassa consistenza e bassa plasticità
3		3.0	0.8	Argilla grigio scuro a buona consistenza e media plasticità
4		6.60	6.70	Argilla nocciola a media consistenza e buona plasticità con livelli limosi. Tra 6.60 e 6.70m dal p.c. è presente un livello sabbioso grossolano
5		7.8	4.8	
6				
7				
8		9.1	1.3	Sabbia grossolana in matrice limo-argillosa grigia. Presenza di materiale organico
9				Argilla limosa marrone molto plastica e poco consistente
10				
11		11.3	2.2	Ghiaietto eterogeneo ed eterometrico (d<2cm) con sabbia, in matrice limosa. Buon grado di arrotondamento
12				
13				
14				
15				

S2

metri	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE
1		1.8	1.8	Terreno vegetale limo-argilloso marrone con rari litici
2		3.7	1.9	Argilla limosa di colore variabile da verde a nocciola con livelli di materia organica, a buona plasticità
3		4.3	0.6	Ghiaietto eterogeneo ed eterometrico (d<2cm) in matrice sabbiosa
4		5.0	0.7	Argilla marrone a buona consistenza e media plasticità
5		5.50	6.00	Ghiaietto e sabbia in matrice limoso-argillosa con un interstrato argilloso da 5.50 a 6.00m.
6				
7		7.1	2.1	Argilla nocciola a buona consistenza e media plasticità. Aumento del contenuto limoso con la profondità
8		8.6	1.5	Ghiaietto eterogeneo a buon grado di arrotondamento, in matrice argillosa scura, scarsamente addensato.
9				
10				
11				
12				
13				
14		13.6	5.0	Limo argilloso-sabbioso ad elevato contenuto organico.
15				

S3

metri	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE
1		2.0	2.0	Terreno vegetale limo-argilloso marrone con rari litici
2		3.0	1.0	Argilla limosa di colore nocciola con livelli di materia organica
3		4.20	4.90	Ghiaietto e sabbia in matrice limoso-argillosa con un interstrato argilloso da 4.20 a 4.90m.
4		6.8	3.8	
5		7.9	1.1	Argilla nocciola a buona consistenza e media plasticità. Aumento del contenuto limoso con la profondità
6		9.6	1.7	Limo sabbioso a bassa plasticità con materia organica alla base
7		10.7	1.1	Ghiaietto in matrice limosa grigia a basso grado di arrotondamento
8				Limo argilloso molto plastico ad elevato contenuto di materia organica
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				

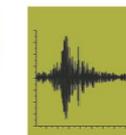




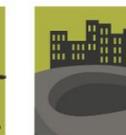
FRANE



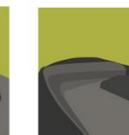
EROSIONE



TERREMOTI



CAVITÀ



CAVE

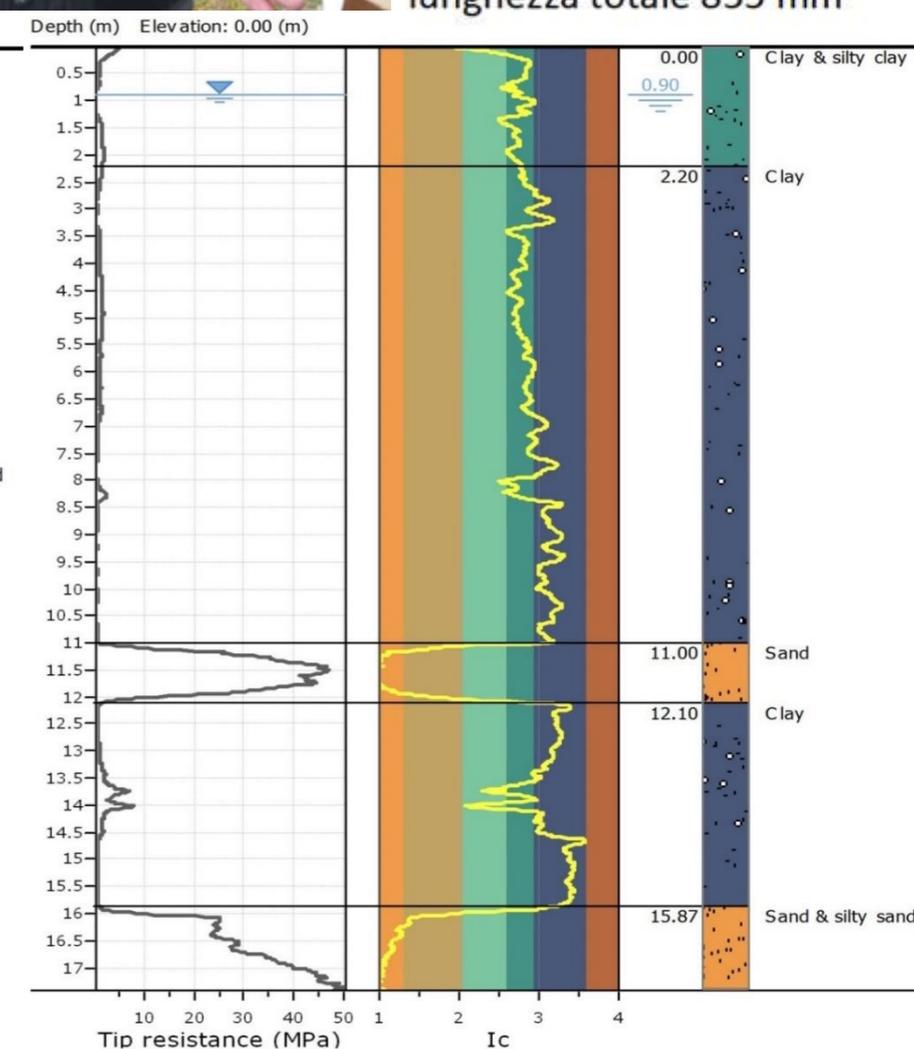
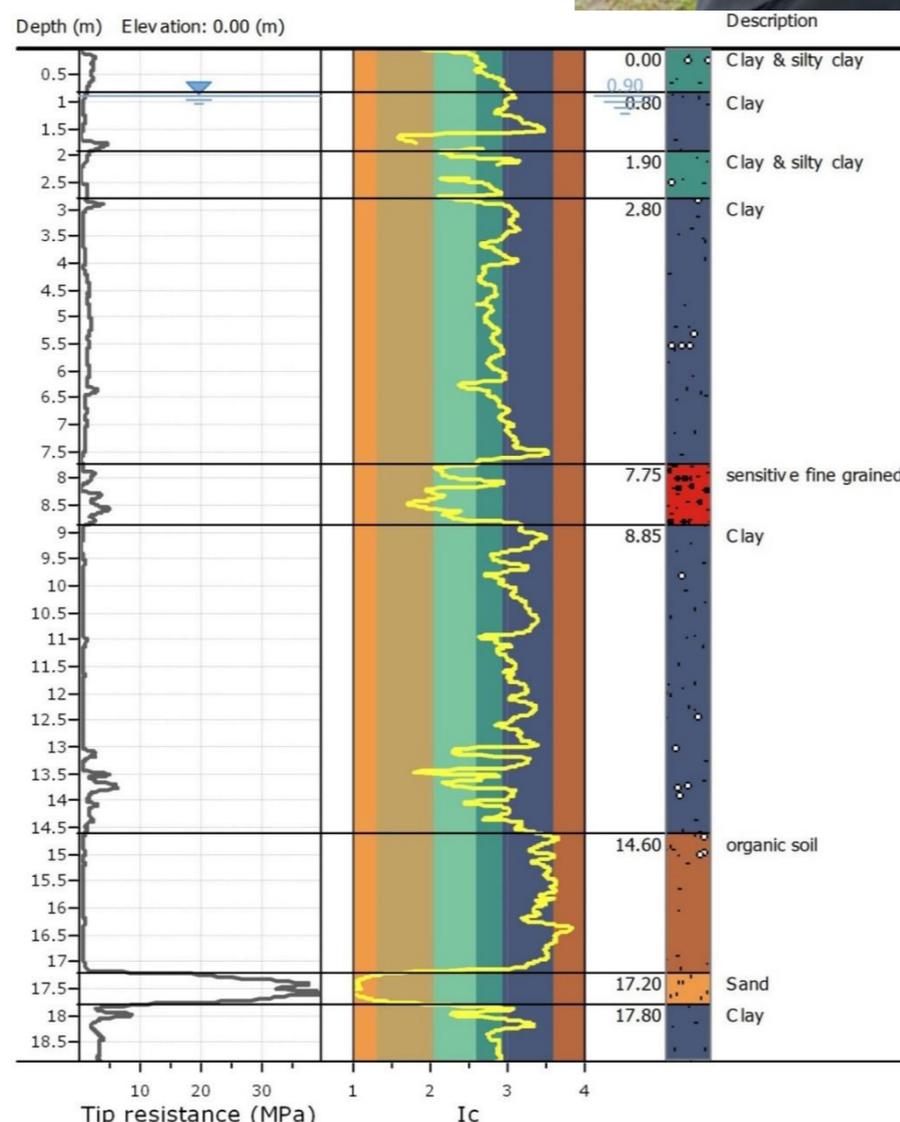
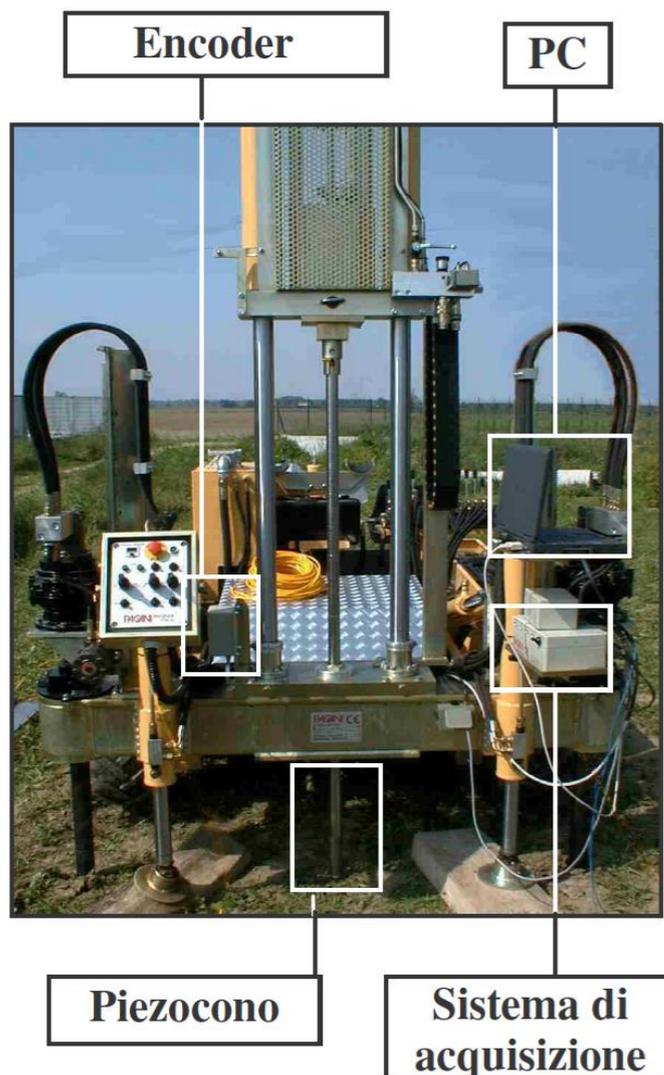
CPTU:

- penetrometro Pagani TG 73-200kN
- velocità di infissione = 20 mm/s
- passo delle letture = 1 cm



Caratteristiche punta elettrica:

apertura del cono 60°
diametro 36 mm
area della punta 10 cm²
area manicotto d'attrito 150 cm²
peso 3,5 kg
lunghezza totale 855 mm

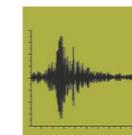




FRANE



EROSIONE



TERREMOTI



CAVITÀ



CAVE

ANALISI DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE:

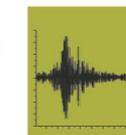
- Software: CLiq (Geologismiki Geotechnical Software)
- Relazioni di calcolo: Robertson (2009)
- Dati di input (principali): PGA, Magnitudo attesa, profondità della falda
- Condizioni di sito: free field, scavo, presenza di un carico, sito pianeggiante o con pendenza



FRANE



EROSIONE



TERREMOTI

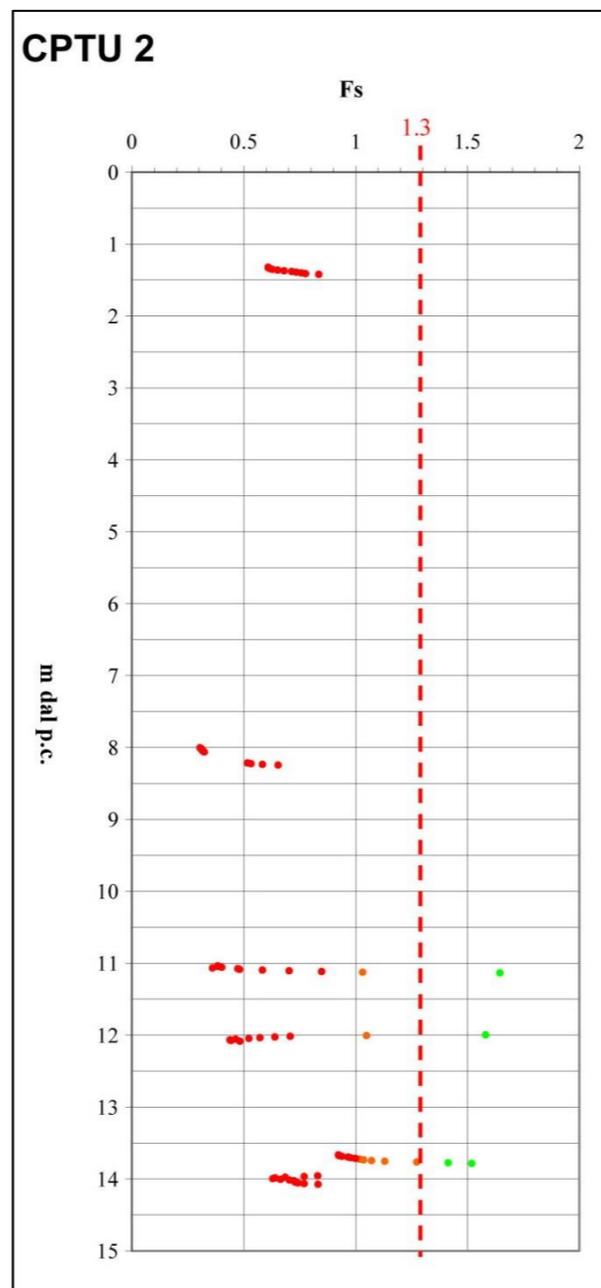
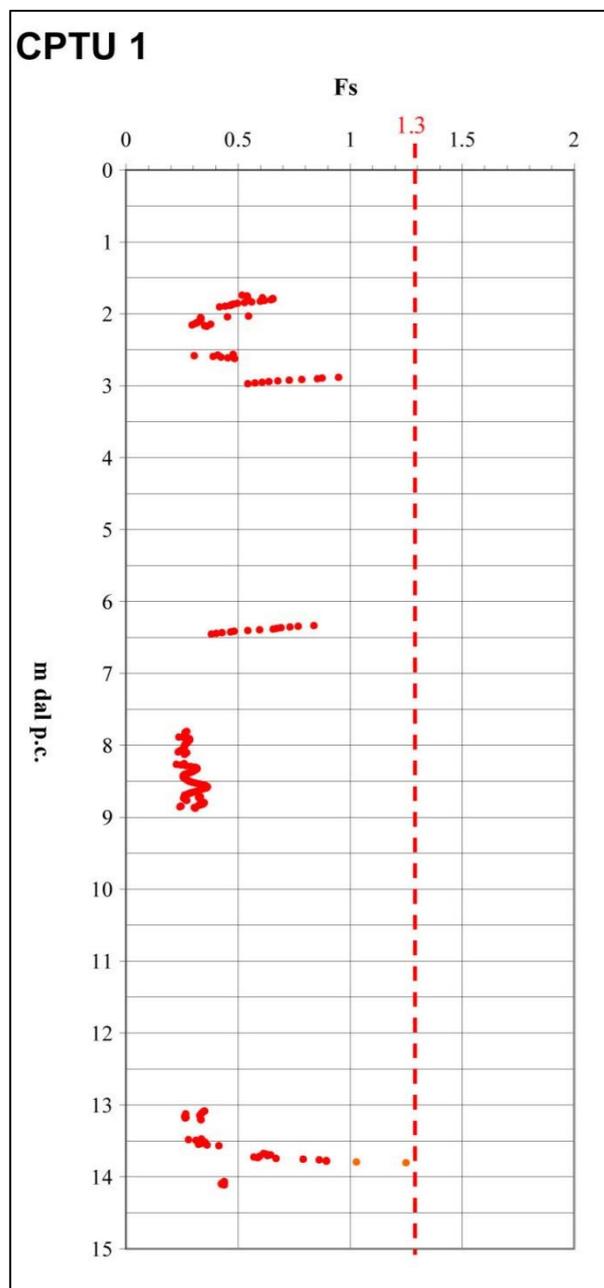


CAVITÀ



CAVE

RISULTATI



CPTU 1			CPTU 2		
da (cm dal p.c.)	a	Δ (cm)	da (cm dal p.c.)	a	Δ (cm)
174	190	16	132	142	10
203	217	14	1103	1113	10
633	645	12	1366	1376	10
785	812	27	1395	1407	12
825	887	62			
1308	1320	12			
1367	1380	13			

Tratti con $F_s < 1,3$ per spessori > 10 cm

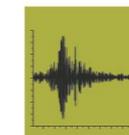
- $F_S < 1$
- $1 < F_S < 1,3$
- $F_S > 1,3$



FRANE



EROSIONE



TERREMOTI



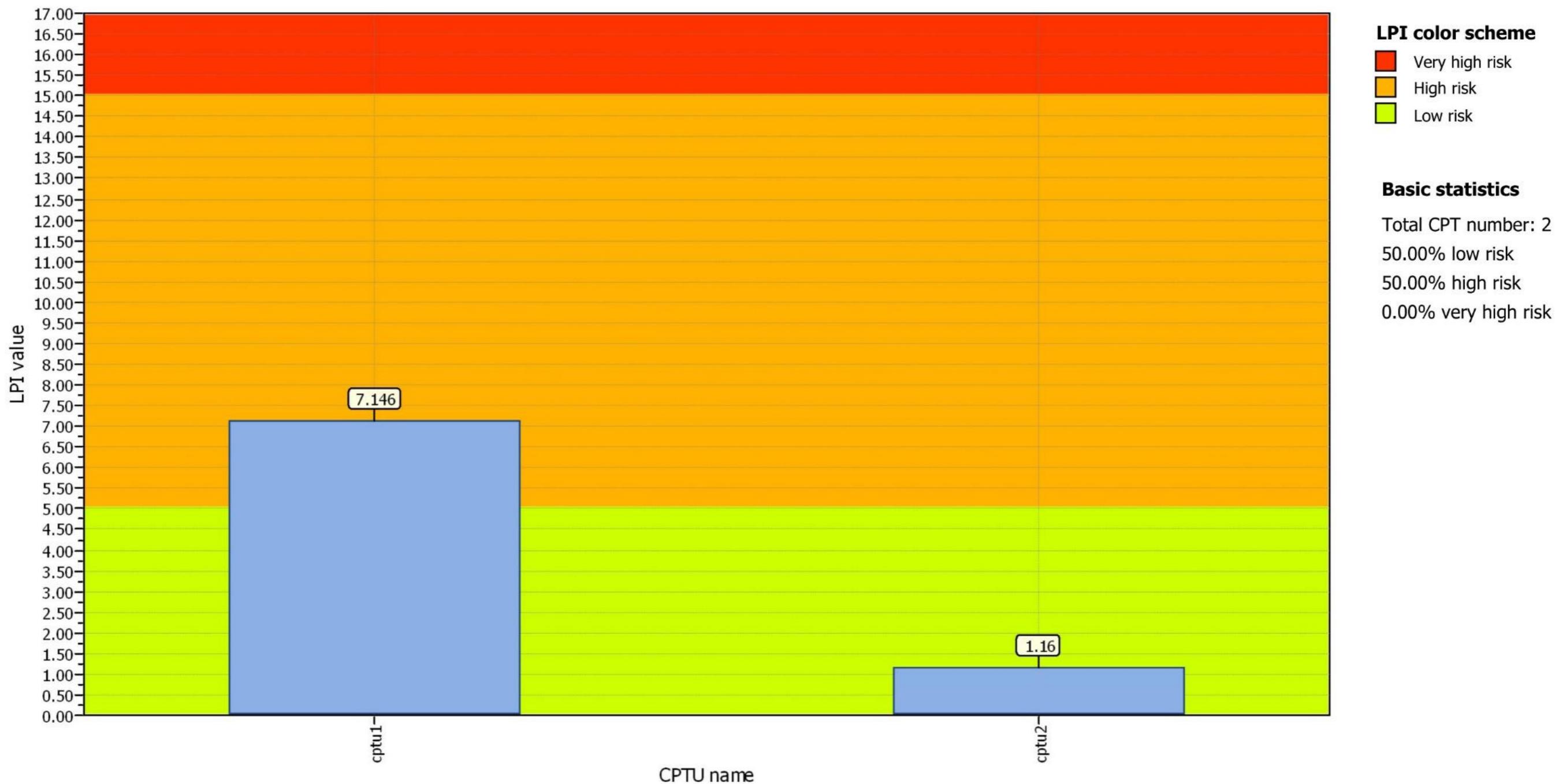
CAVITÀ

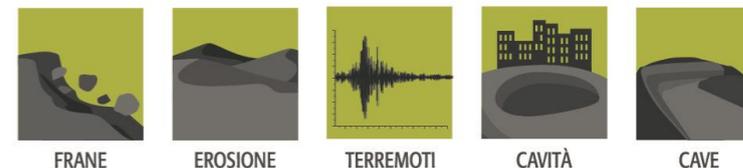


CAVE

Overall Liquefaction Potential Index report

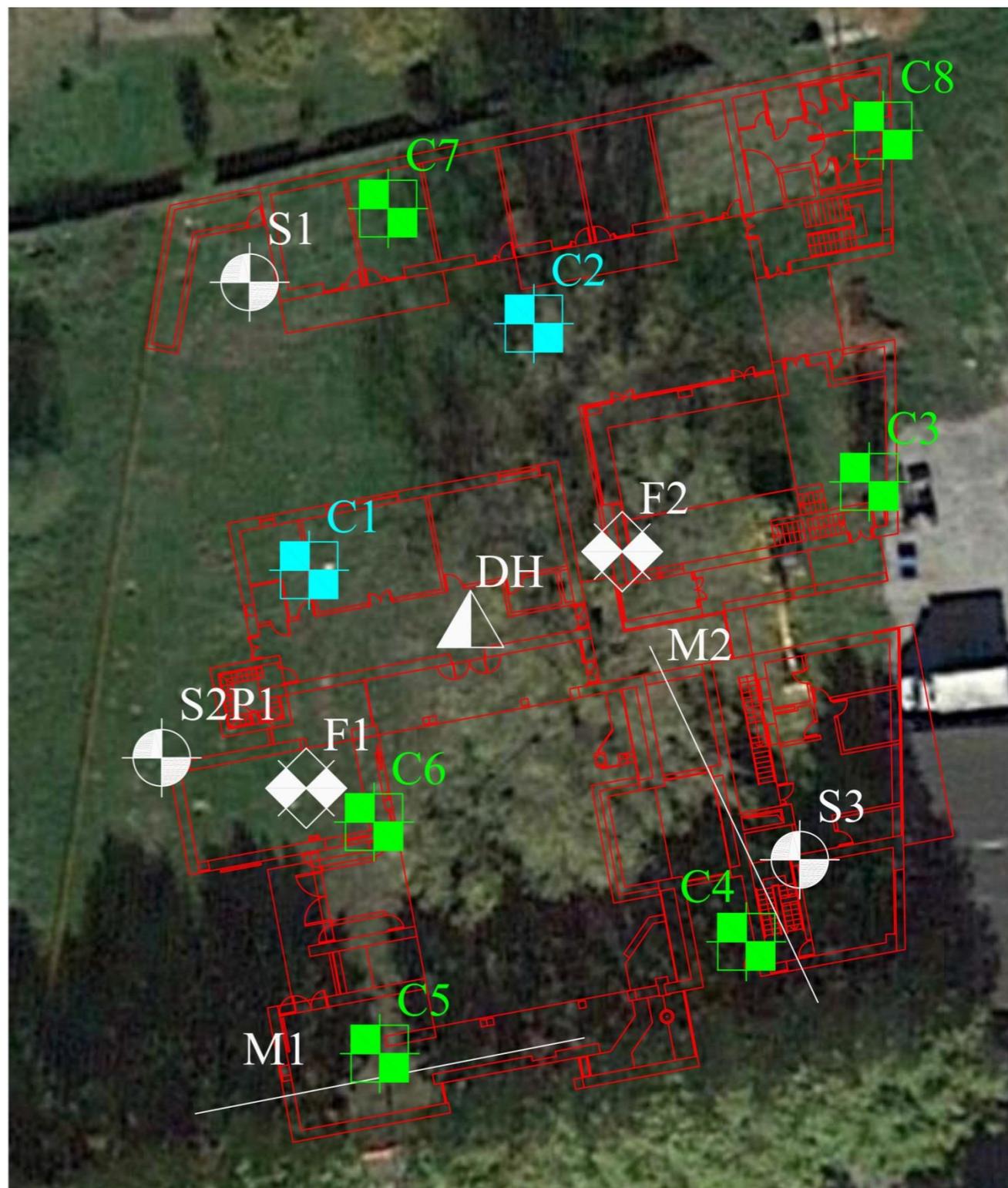
Procedura di Iwasaki (1982)





INDAGINI INTEGRATIVE:

- n. 6 prove penetrometriche statiche tipo CPTU

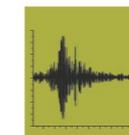




FRANE



EROSIONE



TERREMOTI



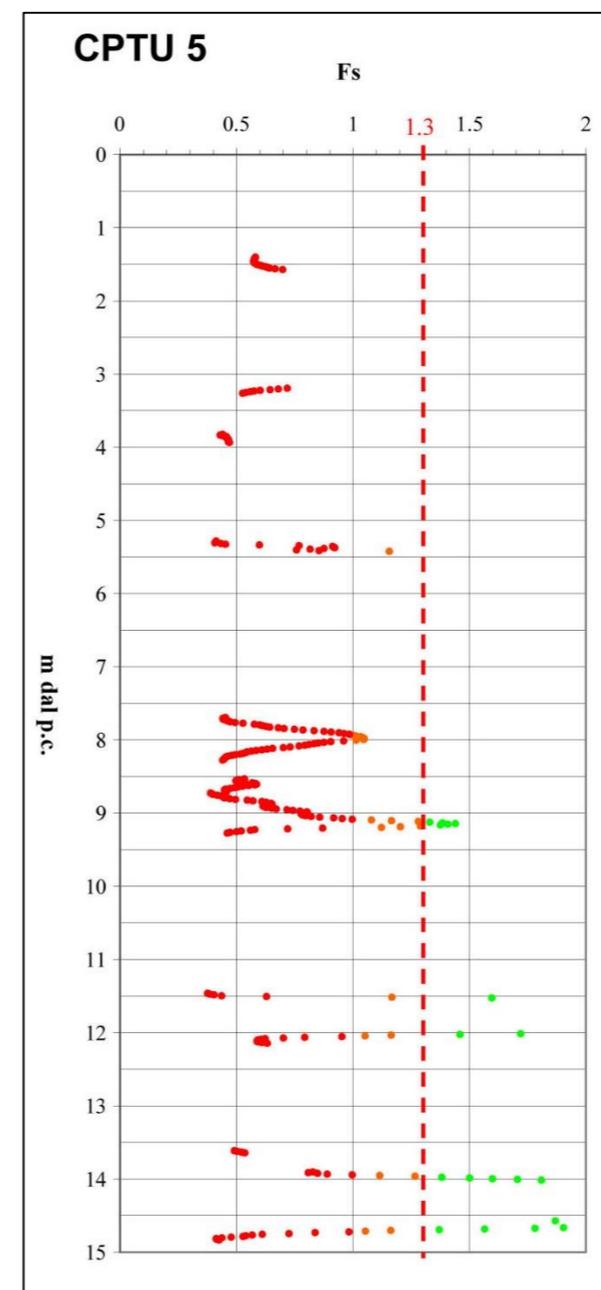
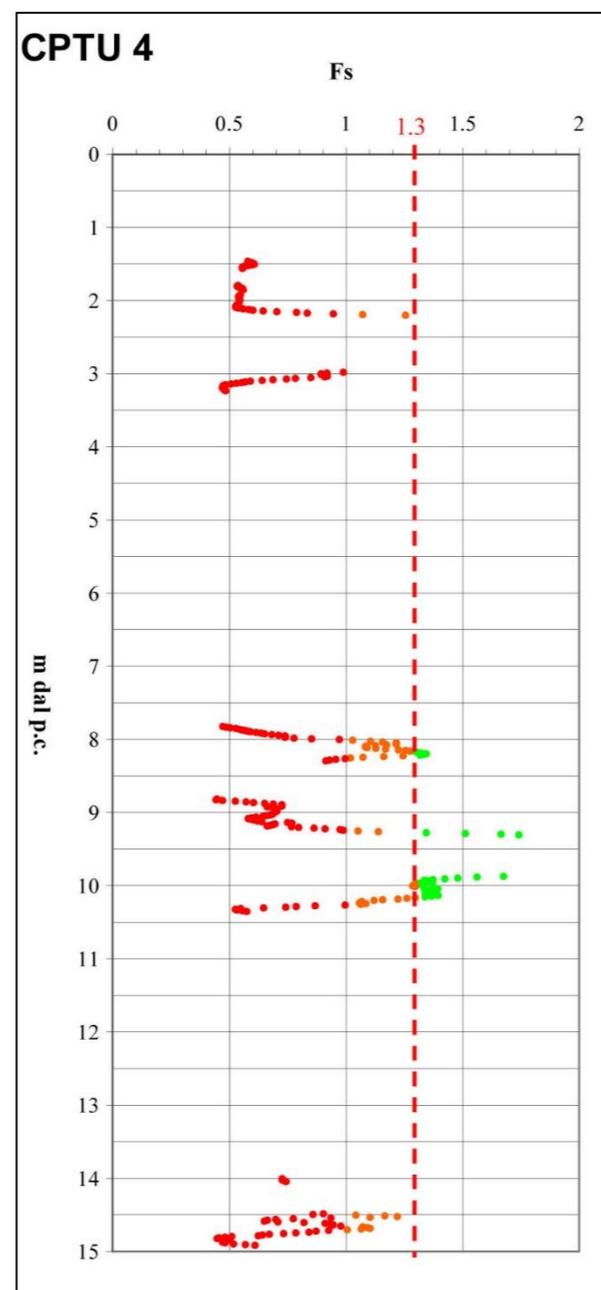
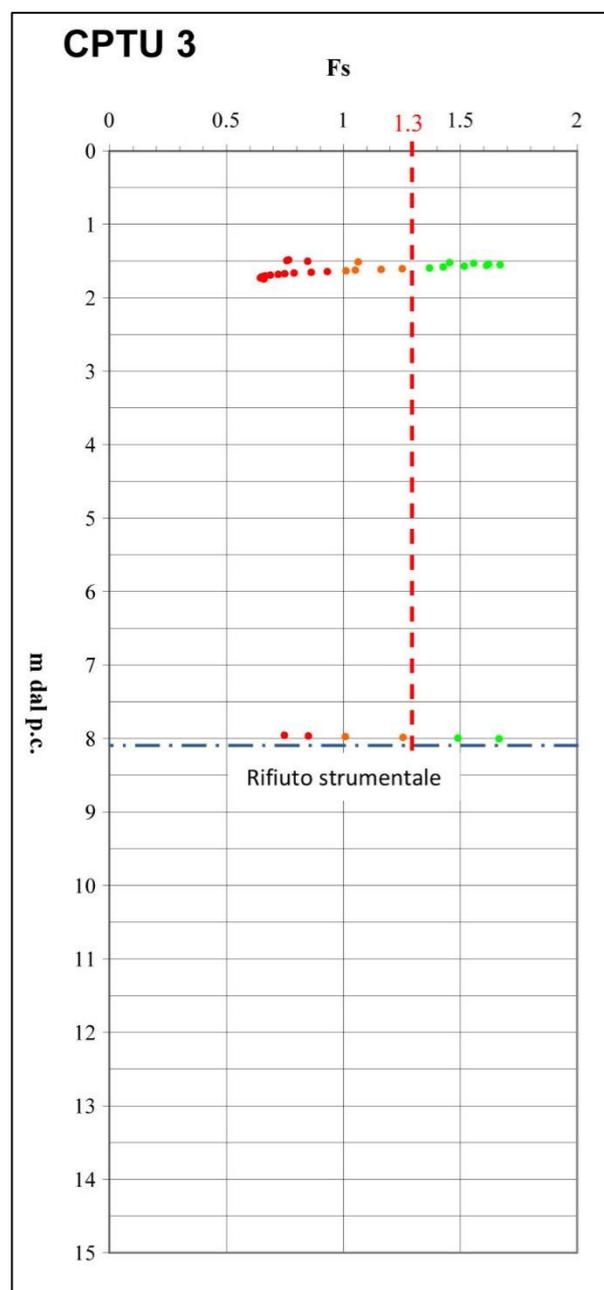
CAVITÀ



CAVE

ANALISI DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

Prova	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Profondità (m dal p.c.)	18,86	17,42	8,11	25,06	15,25	17,06	20,10	20,18



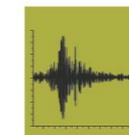
- **FS < 1**
- **1 < FS < 1,3**
- **FS > 1,3**



FRANE



EROSIONE



TERREMOTI



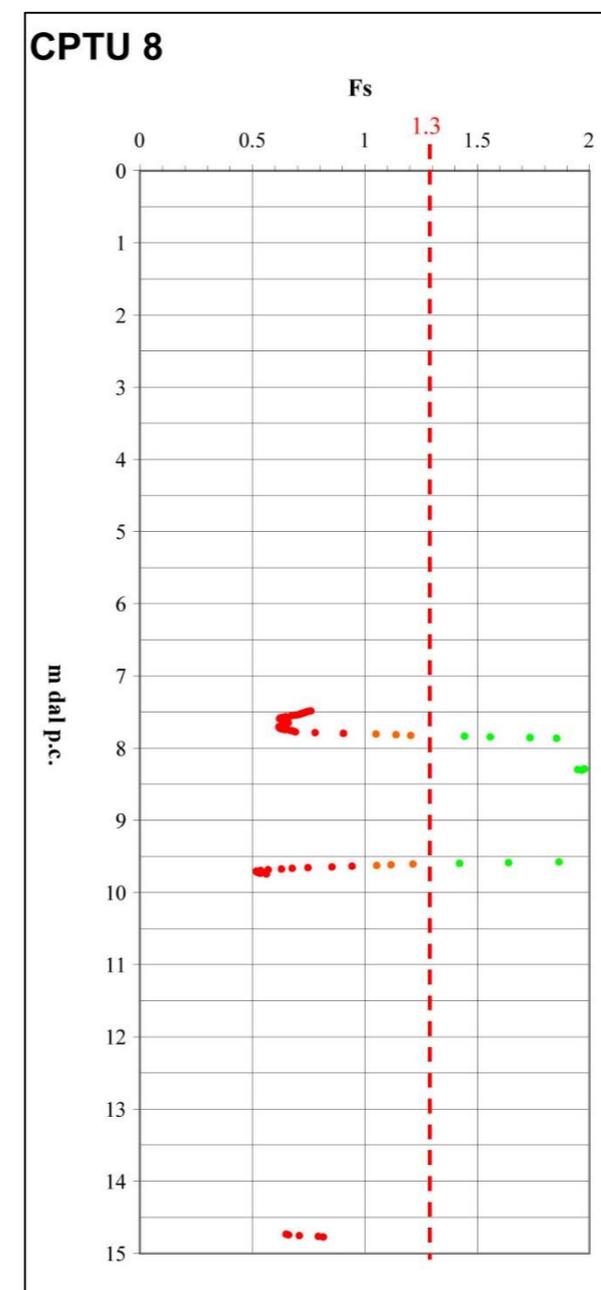
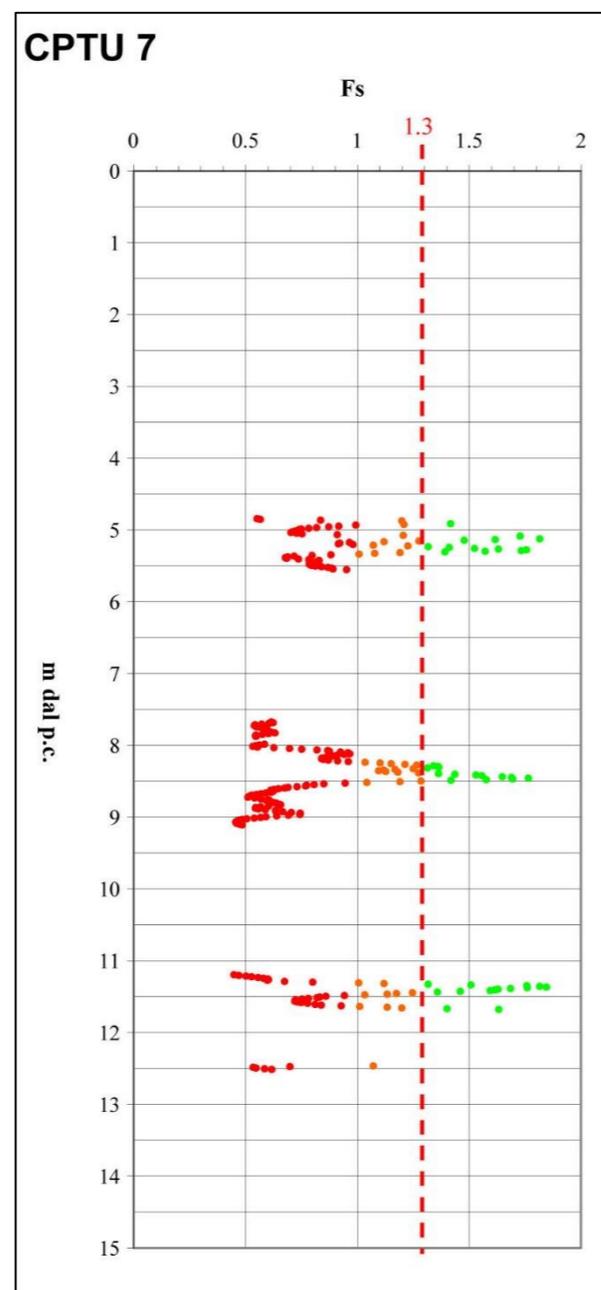
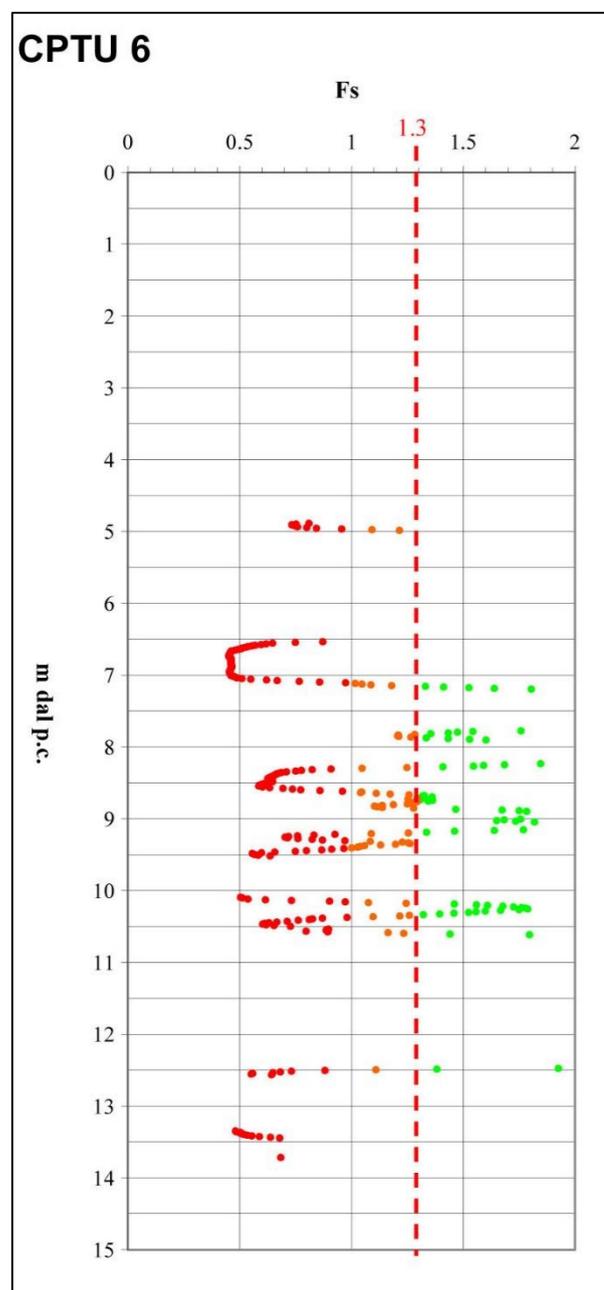
CAVITÀ



CAVE

ANALISI DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

Prova	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Profondità (m dal p.c.)	18,86	17,42	8,11	25,06	15,25	17,06	20,10	20,18



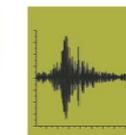
- **FS < 1** (Red)
- **1 < FS < 1,3** (Orange)
- **FS > 1,3** (Green)



FRANE



EROSIONE



TERREMOTI



CAVITÀ



CAVE

ANALISI DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

Tratti con $F_s < 1,3$ per spessori > 10 cm

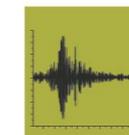
CPTU 1			CPTU 2			CPTU 3			CPTU 4		
da (cm dal p.c.)	a	Δ (cm)	da (cm dal p.c.)	a	Δ (cm)	da (cm dal p.c.)	a	Δ (cm)	da (cm dal p.c.)	a	Δ (cm)
174	190	16	132	142	10	795	798	3	146	156	10
203	217	14	1103	1113	10	<i>Rifiuto strumentale a 8,11 m dal p.c.</i>			203	220	17
633	645	12	1366	1376	10				298	323	25
785	812	27	1395	1407	12				782	803	21
825	887	62							807	813	~22
1308	1320	12							823	829	
1367	1380	13							881	926	45
									1017	1035	18
									1448	1491	43
CPTU 5			CPTU 6			CPTU 7			CPTU 8		
da (cm dal p.c.)	a	Δ (cm)	da (cm dal p.c.)	a	Δ (cm)	da (cm dal p.c.)	a	Δ (cm)	da (cm dal p.c.)	a	Δ (cm)
140	157	17	653	713	60	492	507	15	748	782	34
382	393	11	829	865	36	531	555	24	960	974	14
528	542	14	920	951	31	767	787	20			
769	828	59	1034	1049	15	798	827	29			
853	910	57	1334	1344	10	849	910	61			
918	927	9				1119	1131	12			
1203	1214	11				1144	1165	21			
1469	1483	14									



FRANE



EROSIONE



TERREMOTI



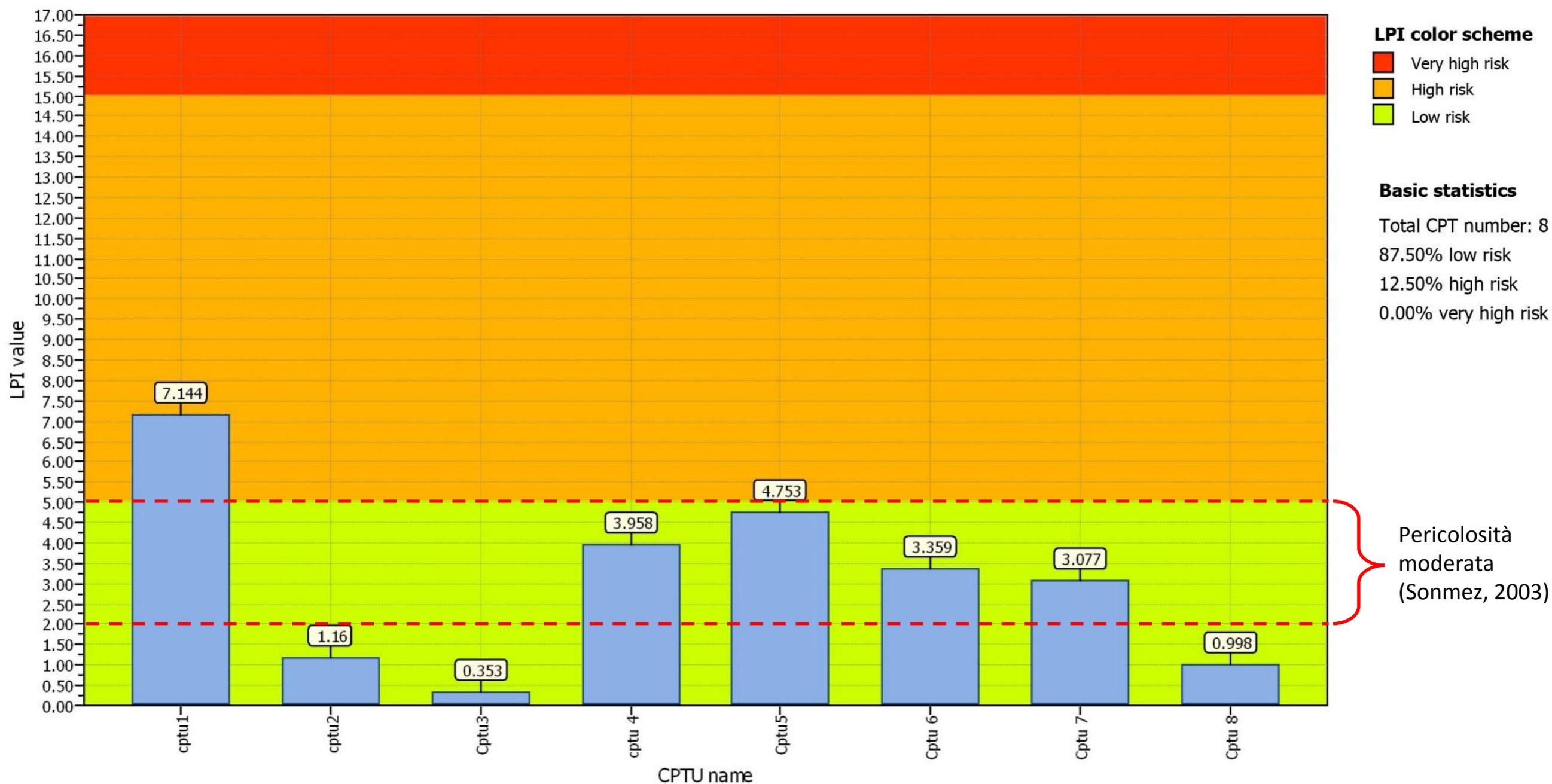
CAVITÀ

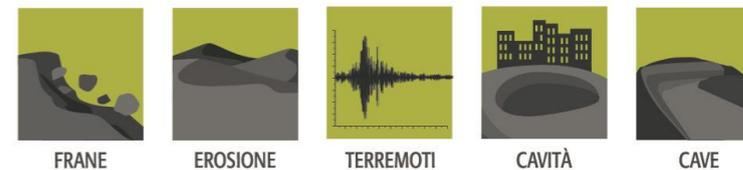


CAVE

Overall Liquefaction Potential Index report

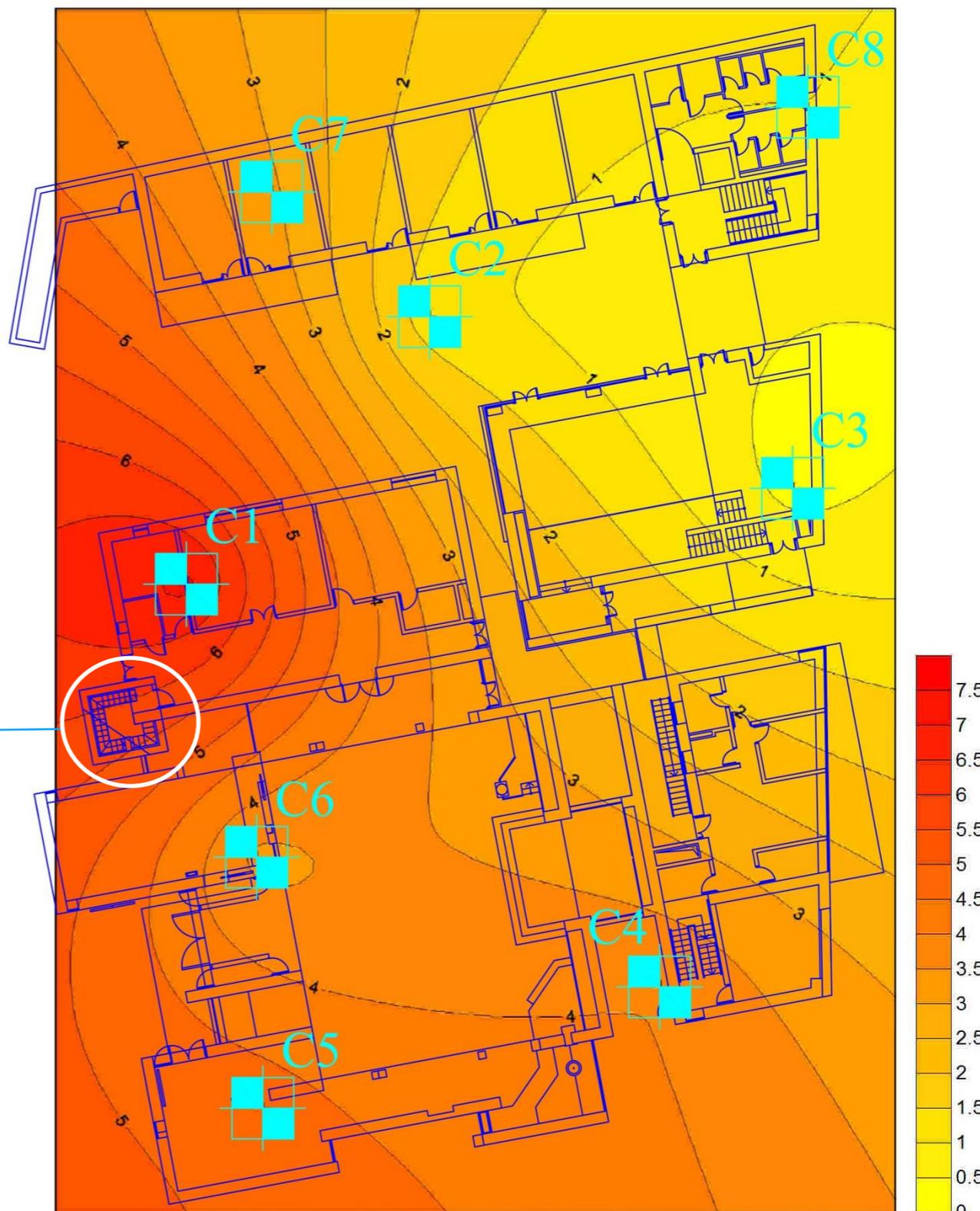
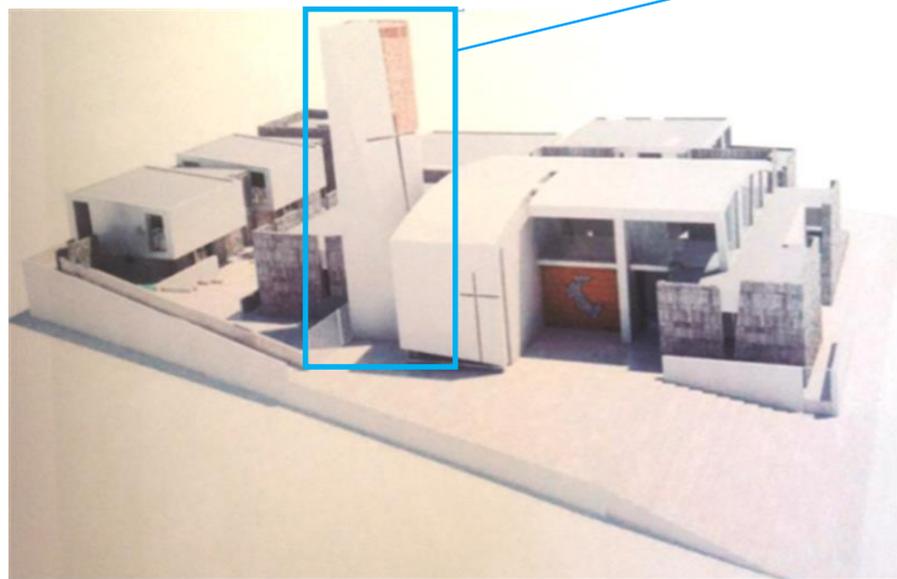
Procedura di Iwasaki (1982)





Liquefaction Potential Index

Campanile

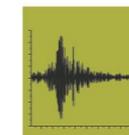




FRANE



EROSIONE



TERREMOTI

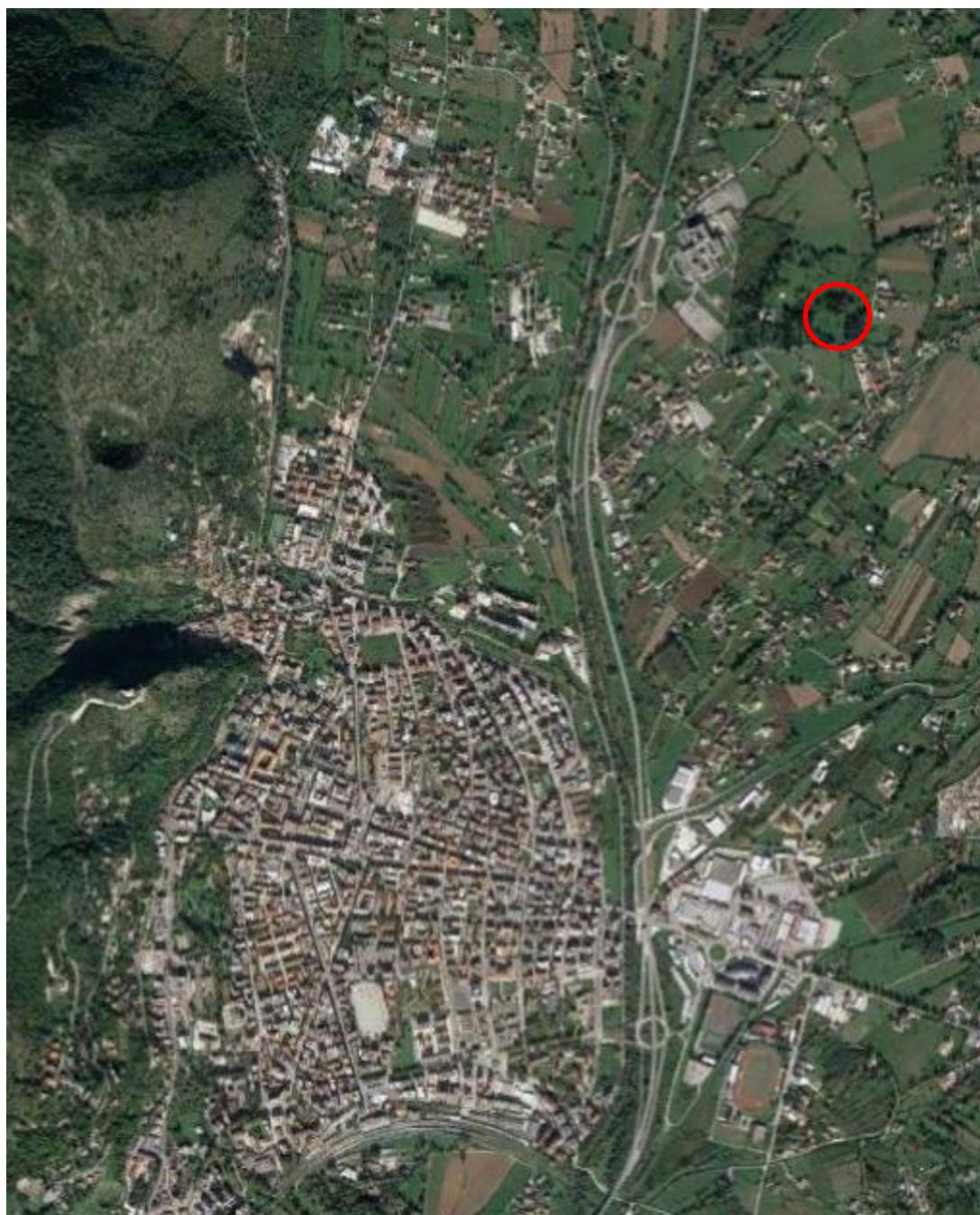


CAVITÀ



CAVE

COMPLESSO PARROCCHIALE "SAN PASQUALE BAYLON"



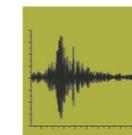
Alluvioni sciolte attuali, alluvioni recenti terrazzate, golene del F. Garigliano (a'); suoli argillosi e limosi chiari, colmata di vecchi alvei (a'); detriti di [s]ida calcarei (dt), conoidi attuali e conoidi detritico-terrose poco coerenti.



FRANE



EROSIONE



TERREMOTI

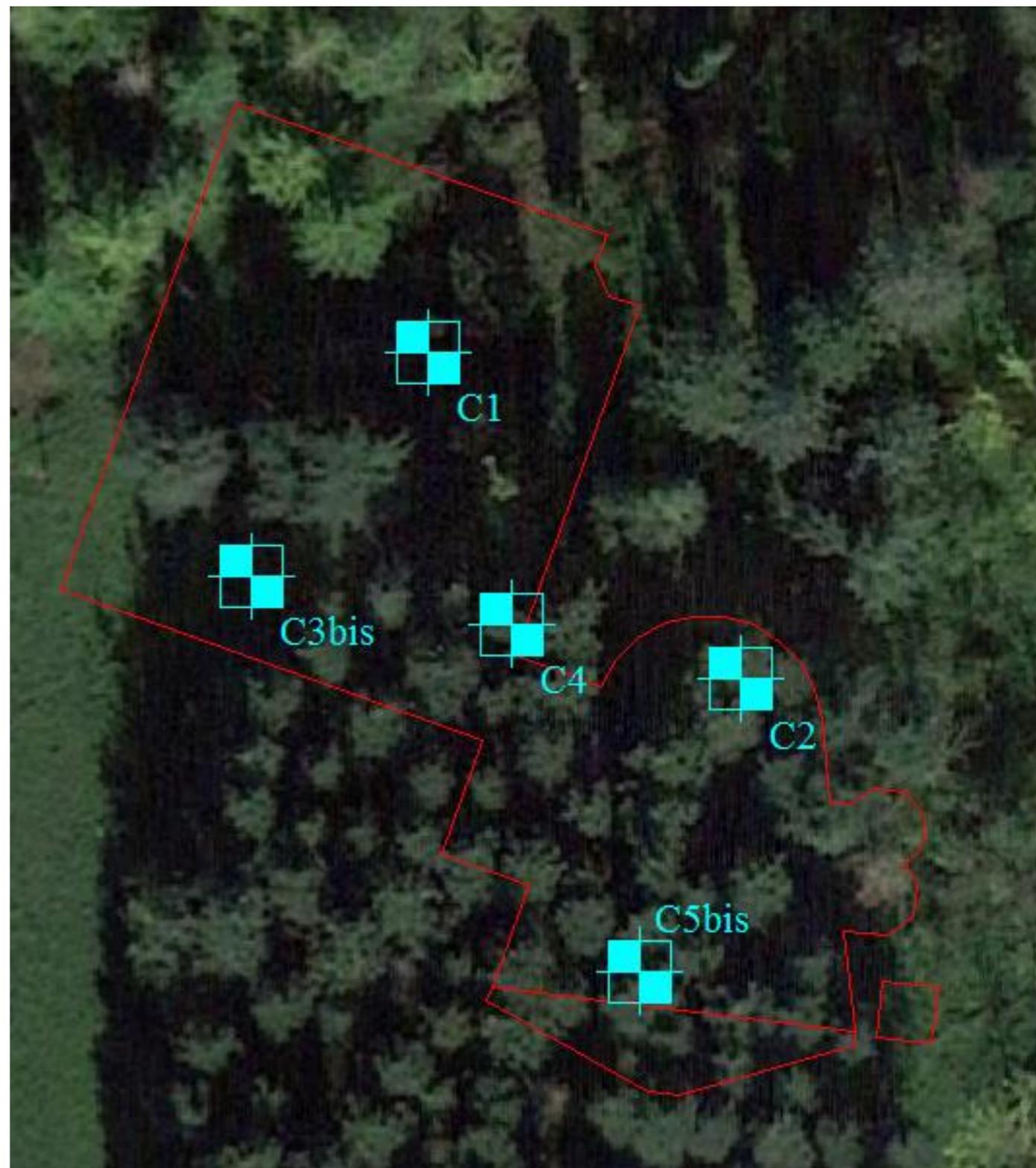


CAVITÀ



CAVE

DISTRIBUZIONE DELLE PROVE CPTU RISPETTO ALL'AREA DI REALIZZAZIONE DELLE STRUTTURE

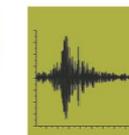




FRANE



EROSIONE



TERREMOTI



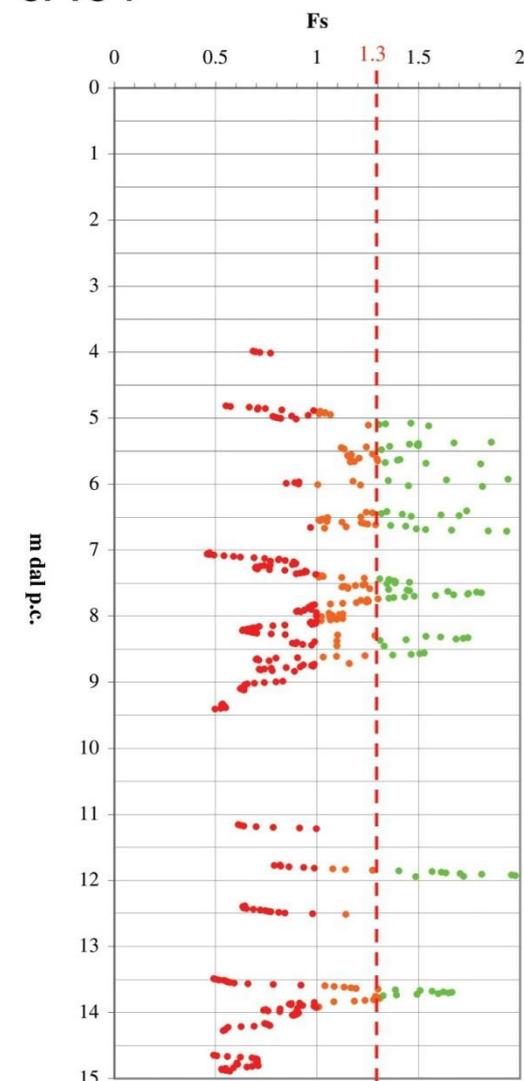
CAVITÀ



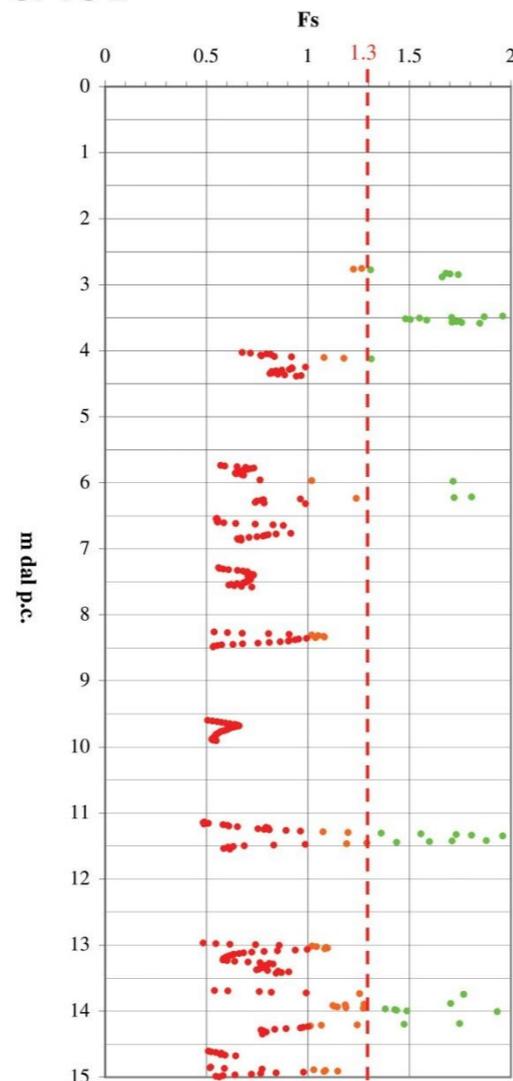
CAVE

ANALISI DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

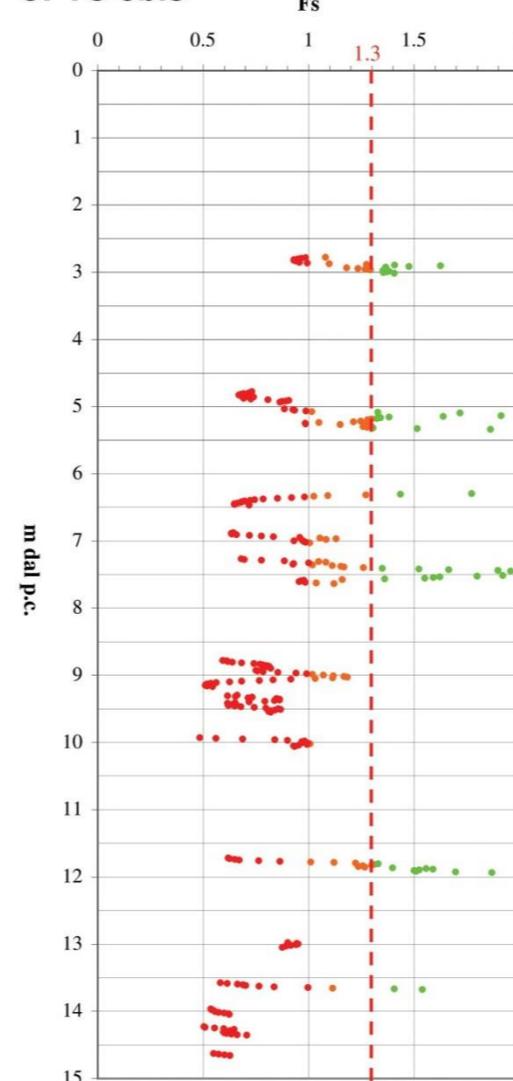
CPTU 1



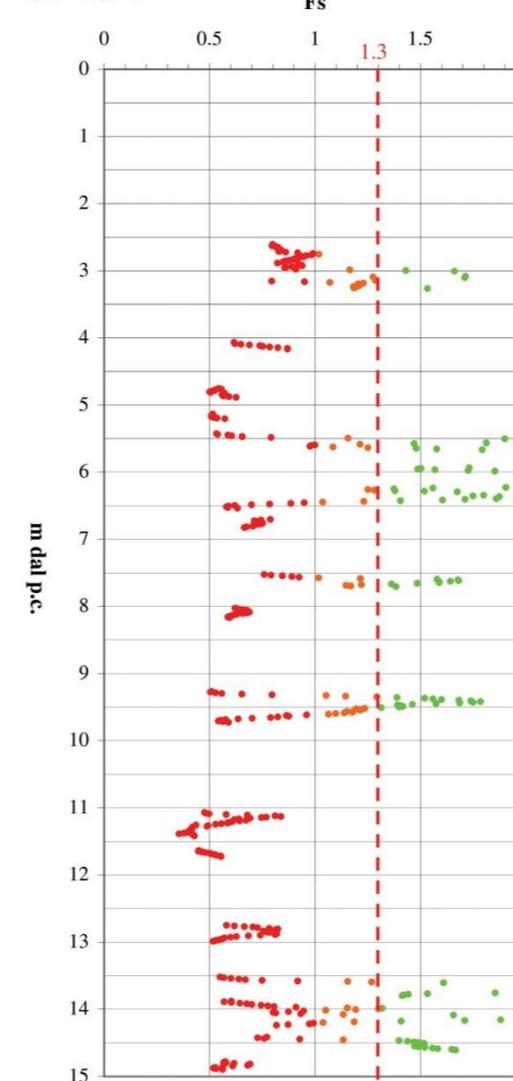
CPTU 2



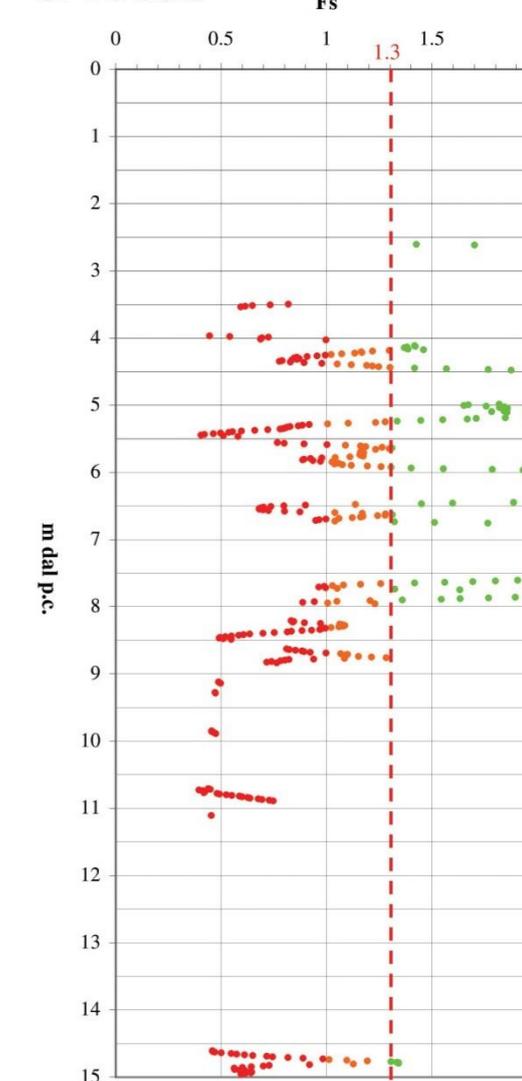
CPTU 3bis



CPTU 4



CPTU 5bis



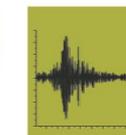
- FS < 1
- 1 < FS < 1,3
- FS > 1,3



FRANE



EROSIONE



TERREMOTI



CAVITÀ



CAVE

ANALISI DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

CPTU1			CPTU2			CPTU3bis			CPTU4			CPTU5bis		
da (cm dal p.c.)	a	Δz (cm)	da (cm dal p.c.)	a	Δz (cm)	da (cm dal p.c.)	a	Δz (cm)	da (cm dal p.c.)	a	Δz (cm)	da (cm dal p.c.)	a	Δz (cm)
482	502	20	403	413	10	278	289	11	261	299	38	419	444	25
650	667	17	425	439	14	478	494	16	315	326	11	525	547	22
704	743	39	574	589	15	519	532	13	407	417	10	556	593	37
774	830	56	654	665	11	632	647	15	476	489	13	648	673	25
872	884	12	677	687	10	688	703	15	644	654	10	821	849	28
899	912	13	729	758	29	727	740	13	671	683	12	863	884	21
1239	1252	13	826	849	23	878	917	39	803	817	14	1071	1089	18
1349	1364	15	960	991	31	930	955	25	952	973	21	1461	1496	35
1376	1405	29	1114	1130	16	993	1006	13	1107	1142	35			
1465	1489	24	1297	1343	46	1423	1436	13	1275	1299	24			
			1424	1435	11				1388	1408	20			
			1485	1500	15				1478	1490	12			

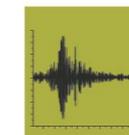
Tratti con $F_s < 1,3$ per spessori > 10 cm



FRANE



EROSIONE



TERREMOTI



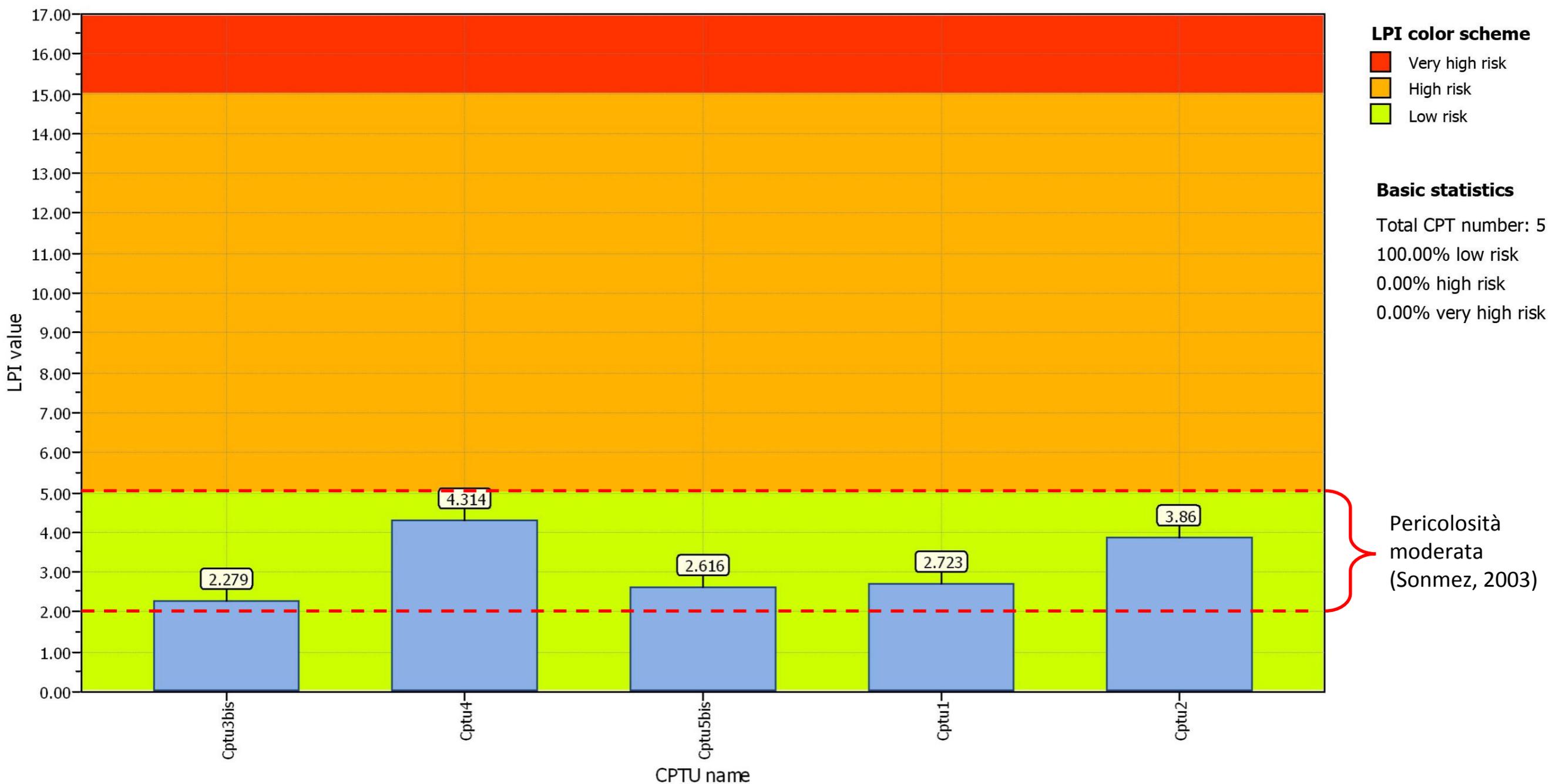
CAVITÀ



CAVE

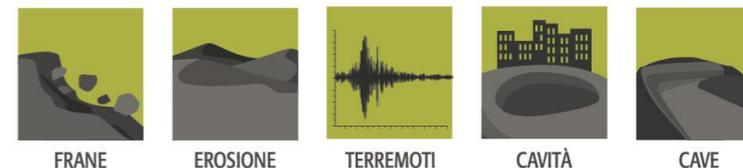
Overall Liquefaction Potential Index report

Procedura di Iwasaki (1982)





ASSEMBLEA GENERALE
DEGLI ISCRITTI ALL'ORDINE DEI GEOLOGI DEL LAZIO
LA PROFESSIONE DEL GEOLOGO NEL LAZIO
Prevenzione, analisi e soluzioni.





REGIONE LAZIO

COMUNE DI CASSINO
PROVINCIA DI FROSINONE





MICROZONAZIONE SISMICA LIVELLO 1

Ai sensi dell' OPCM N° 3907/2010 e del DGR Lazio 545/2010

Elaborato:
**CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE
IN PROSPETTIVA SISMICA**

Soggetto realizzatore:



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA



Dipartimento di Scienze della Terra e TPA - PREV

TAV:

IV.1



Con la collaborazione di:

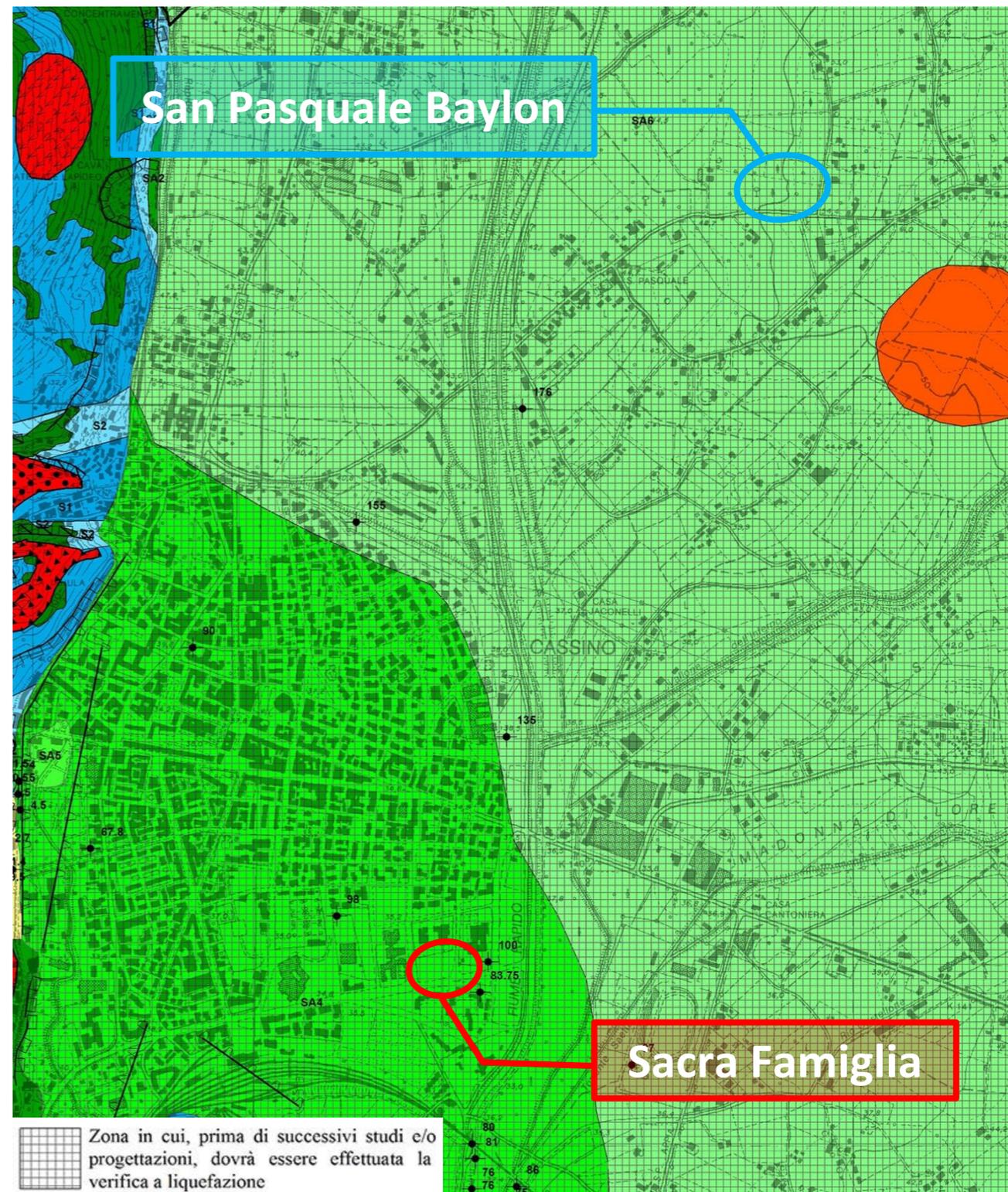


Università degli Studi di Cassino e del Lazio Meridionale
Dipartimento di Ingegneria Civile e Meccanica

Scala 1:10000

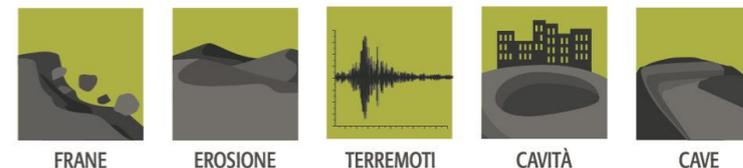


500 250 0 500 1'000 Metri



11 Dicembre 2018 - Roma
Centro Congresso Frentani, Via dei Frentani 4

PROVE ED ANALISI DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE NELLA PIANA DI CASSINO
Dott. Geol. V. Colagiacomo



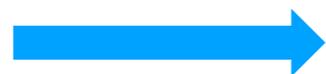
CONCLUSIONI:

- l'impiego di prove CPTU si è rivelato idoneo per i terreni costituenti la piana di Cassino
- l'analisi del potenziale di liquefazione attraverso l'elaborazione delle prove CPTU ha fornito risultati attendibili e di estrema precisione (passo delle misure di 1 cm) sia in termini di severità del pericolo che in relazione alla stima di altri parametri fondamentali (ad esempio i cedimenti attesi), sia in condizioni "free field" che in presenza dei carichi generati dalle strutture
- lo studio ha mostrato una suscettibilità alla liquefazione dei terreni della piana di Cassino da *bassa* (LPI con "low risk" o "moderate risk") nella gran parte delle verticali indagate ad *alta* (LPI con "high risk")

nella piana di Cassino



è necessario eseguire analisi del potenziale di liquefazione



è consigliabile l'esecuzione di prove penetrometriche statiche CPTU in luogo di prove dinamiche



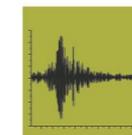
ASSEMBLEA GENERALE
DEGLI ISCRITTI ALL'ORDINE DEI GEOLOGI DEL LAZIO
LA PROFESSIONE DEL GEOLOGO NEL LAZIO
Prevenzione, analisi e soluzioni.



FRANE



EROSIONE



TERREMOTI



CAVITÀ



CAVE

PROVE ED ANALISI DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE NELLA PIANA DI CASSINO

Dott. Geologo
Vincenzo Colagiacommo

GEO4cassino
Geologia applicata all'ingegneria
Geologia ambientale
Idrogeologia

GRAZIE PER L'ATTENZIONE