

## COMUNE DI SAN GIULIANO TERME

PROVINCIA DI PISA

INSTALLAZIONE DI IMPIANTO TELECOMUNICAZIONE E SUPPORTO  
ILLUMINAZIONE PUBBLICA -VARIANTE AL VIGENTE RU PER INDIVIDUAZIONE  
DI ZONA F5 AI SENSI DELL' ARTICOLO 34 LEGGE REGIONALE 65/2014 E SMI

**30F04081 SAN GIULIANO TERME**

VODAFONE ITALIA SpA

**PIBF PAPIANA 2**

TELECOM ITALIA SpA

### RELAZIONE GEOLOGICA AI SENSI DEL 53/R/11

FIRMA E TIMBRO DEL TECNICO



Arch. Loris Laezza  
Via Monte di Pale, 1 - 06034 Foligno (PG)  
Tel: 0742.321645 - Cell: 339.6424061  
progettazione@soluzioniglobali.com

FIRMA E TIMBRO DEL COMMITTENTE



FIRMA E TIMBRO DEL COMMITTENTE



**GEOLOGO**

**Dott. Geol. Luca Castellani**

Via Colpiccione 7

06065 PASSIGNANO SUL TRASIMENO (PG)

tel. 3496664085

ISCRITTO ORDINE GEOLOGI UMBRIA N. 307



## 1. PREMESSA

Su incarico di TELECOM ITALIA SPA e VODAFONE ITALIA SPA è stata eseguita una indagine geologica in ottemperanza alle disposizioni della normativa vigente (**DPGR 53/R/2011**), per INSTALLAZIONE DI IMPIANTO TELECOMUNICAZIONE E SUPPORTO ILLUMINAZIONE PUBBLICA -VARIANTE AL VIGENTE RU PER INDIVIDUAZIONE DI ZONA F5 AI SENSI DELL' ARTICOLO 34 LEGGE REGIONALE 65/2014 E SMI presso la rotatoria di Orzignano nel Comune di San Giuliano Terme.

Alla presente relazione sono allegati:

- CARTA TOPOGRAFICA;
- CARTA GEOLOGICA;
- CARTA GEOMORFOLOGICA;
- CARTA LITOTECNICA;
- CARTA DELLE INDAGINI;
- CARTA FRANOSITA' PAI SERCHIO ED IFFI;
- CARTA DELLE AREE ALLAGATE PAI SERCHIO TR=200 ANNI;
- CARTA DELLE AREE ALLAGATE PAI SERCHIO TR=30 ANNI;
- CARTA IDROGEOLOGICA (VULNERABILITA' DEGLI AQUIFERI);
- CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA;
- CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA;
- CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA;
- CARTA DELLA FATTIBILITA';
- REPORT MASW;
- REPORT PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT.

## **2. GENERALITA'**

### **2.1. UBICAZIONE DELL'AREA**

L'area oggetto dell'indagine è ubicata in frazione Orzignano, Via G. Di Vittorio, così come da cartografia allegata, F. 43, p. 488, NCT Comune di San Giuliano Terme.

### **2.2. DATA DI ESECUZIONE DELL'INDAGINE.**

L'indagine in oggetto è stata condotta nel mese di Gennaio dell'anno 2018.

### **2.3. AMPIEZZA DELL'INDAGINE.**

Lo studio si è sviluppato attraverso rilevamenti di campagna generali e di dettaglio che hanno permesso la definizione delle caratteristiche geologiche, stratigrafiche, geomorfologiche, idrogeologiche dell'area, compresa la stabilità della porzione di versante su cui insiste l'opera; in particolare è stato realizzato un sondaggio penetrometrico statico CPT con penetrometro Pagani TG 63/200 da 200 t ed una indagine geofisica di tipo MASW.

## **3. RISULTATI DELLO STUDIO GEOLOGICO E GEOTECNICO.**

### **3.1. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE.**

Il sito oggetto dell'indagine è posto alla quota di circa 5 m s.l.m., sulla piana alluvionale del Fiume Serchio.

L'area rilevata rappresenta una facies di depositi alluvionali olocenici.

Il sito si presenta con pendenze irrilevanti.

Il Fiume Serchio scorre oltre 1500 m a Nord-Ovest dell'area di progetto.

### 3.2. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE.

Per la definizione delle caratteristiche geolitologiche locali si è fatto riferimento ai dati ottenuti durante i sopralluoghi effettuati ed all'effettuazione di n. 1 penetrometria statica CPT e n. 1 indagine geofisica MASW.

Il sito di progetto risulta caratterizzato localmente da depositi alluvionali limi argillo-sabbiosi e sabbio limosi riferibili all'Olocene.

In superficie predominano depositi sabbio-limosi con comportamento incoerente.

### 3.3. VERIFICA A LIQUEFAZIONE.

Vista la presenza di falda ad oltre -3.1 m da p.c. (Gennaio 2018) e di litologie limo-sabbiose si è proceduto alla verifica alla liquefazione in fase sismica (ai sensi delle NTC 2008) co il metodo di Seed & Idriss (metodo del CNR): nessun livello risulta liquificabile.

#### VERIFICA A LIQUEFAZIONE - Metodo del C.N.R. - GNDT Da Seed e Idriss

Svo: Pressione totale di confinamento; S'vo: Pressione efficace di confinamento; T: Tensione tangenziale ciclica; R: Resistenza terreno alla liquefazione; Fs: Coefficiente di sicurezza

Strato	Prof. Strato (m)	Nspt	Nspt'	Svo (Kg/cm <sup>2</sup> )	S'vo (Kg/cm <sup>2</sup> )	T	R	Fs	Condizione:
2	4.40	9.00	10.922	0.831	0.701	0.195	0.367	1.88	Livello non liquefacibile
4	7.20	8.00	8.126	1.384	0.974	0.223	0.299	1.34	Livello non liquefacibile
5	8.40	14.00	13.200	1.633	1.103	0.228	0.327	1.43	Livello non liquefacibile
6	12.40	20.00	15.275	2.456	1.526	0.231	0.390	1.69	Livello non liquefacibile
7	17.60	29.00	17.693	3.536	2.086	0.220	0.614	2.79	Livello non

### **3.4. STABILITA' DELL'AREA.**

L'assenza di fenomeni di dissesto cartografati sull'area di progetto (esame delle cartografie IFFI e PAI SERCHIO), le irrilevanti pendenze locali inducono a ritenere il sito di progetto localmente stabile.

### **3.4. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE.**

#### **3.4.1. CIRCOLAZIONE IDRICA SUPERFICIALE**

A circa 1500 m a Nord-Ovest scorre il Fiume Serchio; la cartografia dell'Autorità di Bacino del Fiume Serchio non indica per il sito pericolosità idraulica; in corrispondenza del sito il canale demaniale di Ripafratta è stato intubato con infrastrutture per l'eventuale ispezione.

#### **3.4.2. CIRCOLAZIONE IDRICA SOTTERRANEA.**

La formazione in posto può essere classificata a buona permeabilità per la presenza di livelli sabbiosi superficiali che favoriscono l'infiltrazione.

La prova CPT 1 ha rilevato la presenza di circolazione idrica a partire da circa -3.1 m da p.c. (Gennaio 2018).

### **3.5. CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE.**

#### **3.5.1. CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE DEI TERRENI (PARAMETRI DA CAMPAGNA GEOGNOSTICA).**

Sulla base della CPT risulta la seguente schematizzazione stratigrafica:

	Profondità da p.c. (m)	Angolo di resistenza al taglio [°]	Coesione drenata [kN/mq]	Coesione non drenata [kg/cm <sup>2</sup> ]	Peso di volume naturale [kN/m <sup>3</sup> ]	Peso di volume saturo [kN/m <sup>3</sup> ]
1-limi argillosi	1.2	--	--	1.1	18.98	19.77
2-limi sabbio-argillosi	4.4	25.50	--	--	17.65	20.59
3-limi argillosi	6.6	--	--	0.8	18.72	19.51
4-sabbie limose	7.2	24.90	--	--	17.65	20.59
5-sabbie	8.4	30.40	--	--	17.85	20.79
6-sabbie limose	12.4	35.30	--	--	17.63	20.57
7-sabbie	17.6	43.90	--	--	17.84	20.78

### 3.6. PARAMETRI DI PERICOLOSITA' SISMICA.

I terreni investigati ai fini stratigrafici sono riconducibili alla CATEGORIA C (si veda MASW allegata eseguita nei due sensi dello stendimento).

Il sito può essere considerato di **CATEGORIA T1**.

Il Comune di San Giuliano Terme rientra in **zona sismica 3**.

La tipologia progettuale in questione rientra in **CLASSE IV**:

Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

**Vn=100 anni.**

### PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE (DA GEOSTRU PS ADVANCED)



Vita nominale (Vn):	100 [anni]
Classe d'uso:	IV
Coefficiente d'uso (Cu):	2
Periodo di riferimento (Vr):	200 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 120 [anni]  
Periodo di ritorno (Tr) SLD: 201 [anni]  
Periodo di ritorno (Tr) SLV: 1898 [anni]  
Periodo di ritorno (Tr) SLC: 2475 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

#### Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 43.7709885 [°]  
Longitudine (WGS84): 10.4293461 [°]  
Latitudine (ED50): 43.7719536 [°]  
Longitudine (ED50): 10.4303474 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	19824	43.793500	10.373190	5176.46
2	19825	43.795310	10.442460	2773.28
3	20047	43.745340	10.444960	3183.38
4	20046	43.743530	10.375710	5407.77



Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC08, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

### Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
	30	0.039	2.577	0.228
	50	0.048	2.552	0.249
	72	0.055	2.574	0.260
	101	0.062	2.589	0.268
SLO	120	0.066	2.579	0.271
	140	0.070	2.570	0.274
SLD	201	0.082	2.531	0.279
	475	0.121	2.359	0.284
	975	0.155	2.384	0.286
SLV	1898	0.191	2.380	0.299
SLC	2475	0.207	2.378	0.304

### Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
	30	0.040	2.581	0.233
	50	0.050	2.556	0.249

	72	0.056	2.579	0.262
	101	0.064	2.586	0.269
SLO	120	0.068	2.581	0.272
	140	0.072	2.576	0.275
SLD	201	0.084	2.532	0.280
	475	0.123	2.353	0.286
	975	0.157	2.387	0.288
SLV	1898	0.193	2.383	0.300
SLC	2475	0.209	2.382	0.305

### Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
	30	0.039	2.578	0.228
	50	0.049	2.558	0.249
	72	0.055	2.580	0.261
	101	0.062	2.596	0.268
SLO	120	0.067	2.589	0.270
	140	0.071	2.583	0.272
SLD	201	0.081	2.568	0.278
	475	0.121	2.363	0.282
	975	0.154	2.386	0.285
SLV	1898	0.189	2.399	0.289

SLC	2475	0.205	2.404	0.291
-----	------	-------	-------	-------

#### Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
	30	0.038	2.580	0.218
	50	0.047	2.555	0.249
	72	0.054	2.576	0.258
	101	0.060	2.601	0.267
SLO	120	0.065	2.588	0.270
	140	0.069	2.576	0.272
SLD	201	0.079	2.561	0.277
	475	0.119	2.360	0.280
	975	0.152	2.382	0.283
SLV	1898	0.188	2.403	0.286
SLC	2475	0.204	2.412	0.288

#### Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	120	0.067	2.584	0.271
SLD	201	0.082	2.548	0.279
SLV	1898	0.190	2.391	0.294

SLC	2475	0.207	2.393	0.298
-----	------	-------	-------	-------

### PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$ : 1.000

Categoria sottosuolo:

C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m , caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero NSPT30 compreso tra 15 e 50 nei terreni a grana grossa  $c_{u30}$  compreso tra 70 e 250 kPa nei terreni a grana fina).

Categoria topografica:

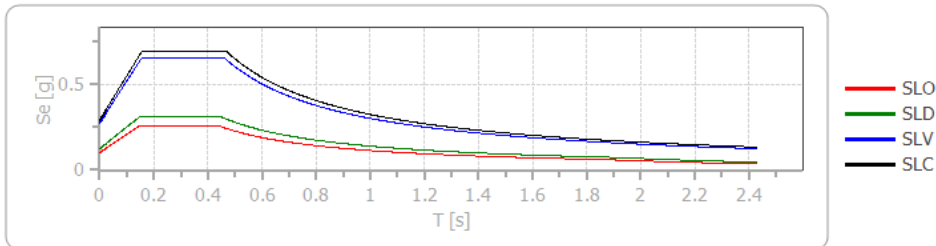
T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

### Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.020	0.024	0.065	0.081
kv	0.010	0.012	0.033	0.041
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0.980	1.201	2.671	2.839
Beta	0.200	0.200	0.240	0.280

### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

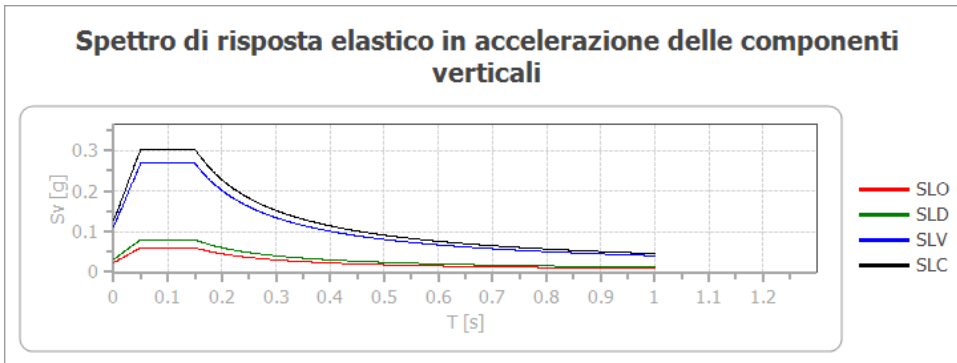


	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	$\eta$ [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(T B) [g]
SLO	2.0	0.067	2.584	0.271	1.500	1.620	1.000	1.500	1.000	0.146	0.439	1.867	0.100	0.258
SLD	2.0	0.082	2.548	0.279	1.500	1.600	1.000	1.500	1.000	0.149	0.446	1.927	0.122	0.312
SLV	2.0	0.190	2.391	0.294	1.430	1.570	1.000	1.430	1.000	0.154	0.462	2.362	0.272	0.651
SLC	2.0	0.207	2.393	0.298	1.400	1.570	1.000	1.400	1.000	0.156	0.467	2.427	0.289	0.693

### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$ : 1.000



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	$\eta$ [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(T B) [g]
SLO	2.0	0.067	2.584	0.271	1	1.620	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.023	0.060
SLD	2.0	0.082	2.548	0.279	1	1.600	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.031	0.080
SLV	2.0	0.190	2.391	0.294	1	1.570	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.112	0.268
SLC	2.0	0.207	2.393	0.298	1	1.570	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.127	0.304

### Spettro di progetto

Fattore di struttura spettro orizzontale  $q$ : 1.50

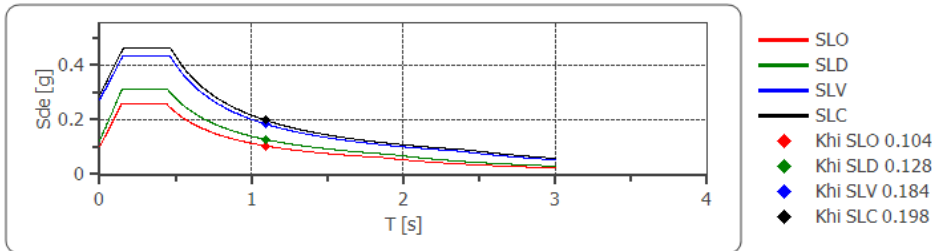
Fattore di struttura spettro verticale  $q$ : 1.50

Periodo fondamentale  $T$ : 1.09 [s]

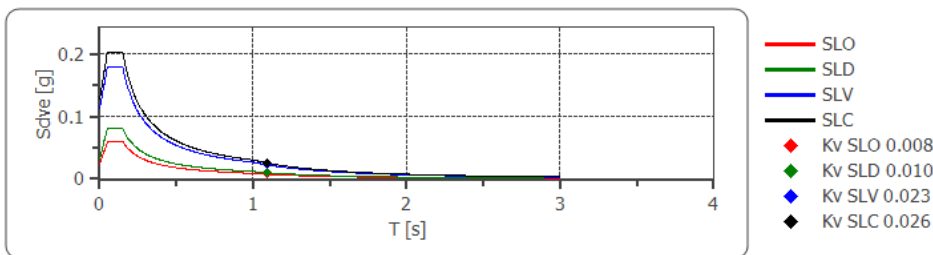
	SLO	SLD	SLV	SLC
khi = Sde(T) Orizzontale [g]	0.104	0.128	0.184	0.198

$k_v = S_{dve}(T)$	0.008	0.010	0.023	0.026
Verticale [g]				

### Spettro di progetto delle componenti orizzontali



### Spettro di progetto delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(T B) [g]
SLO orizz ontal e	2.0	0.067	2.584	0.271	1.500	1.620	1.000	1.500	1.000	0.146	0.439	1.867	0.100	0.258
SLO vertic ale	2.0	0.067	2.584	0.271	1.500	1.620	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.023	0.060
SLD orizz	2.0	0.082	2.548	0.279	1.500	1.600	1.000	1.500	1.000	0.149	0.446	1.927	0.122	0.312

ontale														
SLD verticale	2.0	0.082	2.548	0.279	1.500	1.600	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.031	0.080
SLV orizzontale	2.0	0.190	2.391	0.294	1.430	1.570	1.000	1.430	1.500	0.154	0.462	2.362	0.272	0.434
SLV verticale	2.0	0.190	2.391	0.294	1.430	1.570	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.112	0.179
SLC orizzontale	2.0	0.207	2.393	0.298	1.400	1.570	1.000	1.400	1.500	0.156	0.467	2.427	0.289	0.462
SLC verticale	2.0	0.207	2.393	0.298	1.400	1.570	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.127	0.202

## **5. INDIVIDUAZIONE DELLE CLASSI DI PERICOLOSITA' (DPGR 53/R/2011).**

Il PRG strutturale del Comune di san Giuliano Terme individua ai sensi del DCR 94/85 le classi di pericolosità geologica, idraulica e sismica di seguito indicate:

- classe di pericolosità geologica P2;
- classe di pericolosità idraulica P3;
- l'area di sedime del sito SRB non ha pericolosità sismica assegnata da PRG; si può assegnare come da DPGR 53/r/11 classe di pericolosità sismica P2



Ai sensi del DPGR 53/R/2011 le classi di pericolosità geologica, idraulica e sismica precedentemente individuate possono così essere riassunte:

- classe di pericolosità geologica P2;
- classe di pericolosità idraulica P3;
- classe di pericolosità sismica P2.

## **6. INDIVIDUAZIONE DELLE CLASSI DI PERICOLOSITA' (DPGR 53/R/2011)**

L'area ha classe di fattibilità (come da carta di fattibilità PRG strutturale) F2 (fattibilità con normali vincoli).

AI SENSI DEL 53/R LA FATTIBILITA' GEOMORFOLOGICA E' FG2.

AI SENSI DEL 53/R LA FATTIBILITA' IDRAULICA E' FI3.

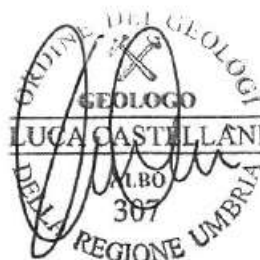
AI SENSI DEL 53/R LA FATTIBILITA' SISMICA E' FS2.

Relativamente alla fattibilità idraulica si ritiene non necessarie ulteriori indagini in relazione alla non appartenenza del sito alle aree allagabili del PAI SERCHIO e per il fatto che in corrispondenza del sito di progetto il canale demaniale di Ripafratta è stato intubato con infrastrutture per l'eventuale ispezione.

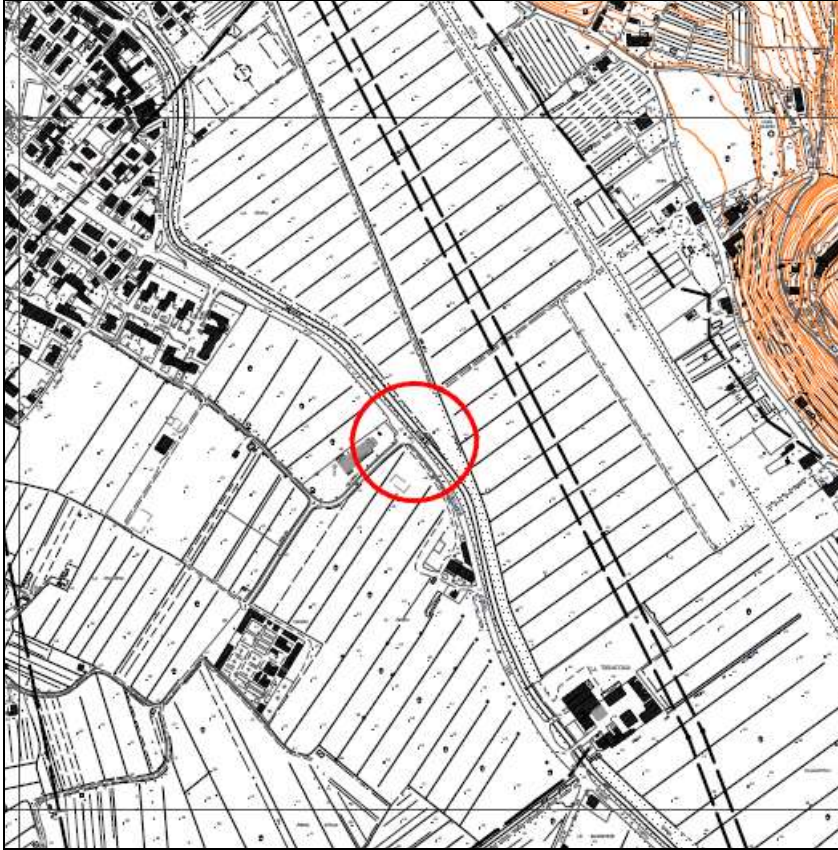
Passignano sul Trasimeno, Marzo 2018.

**IL GEOLOGO**

**Dott. Luca Castellani**



CARTA TOPOGRAFICA



Corografia scala 1:10.000.

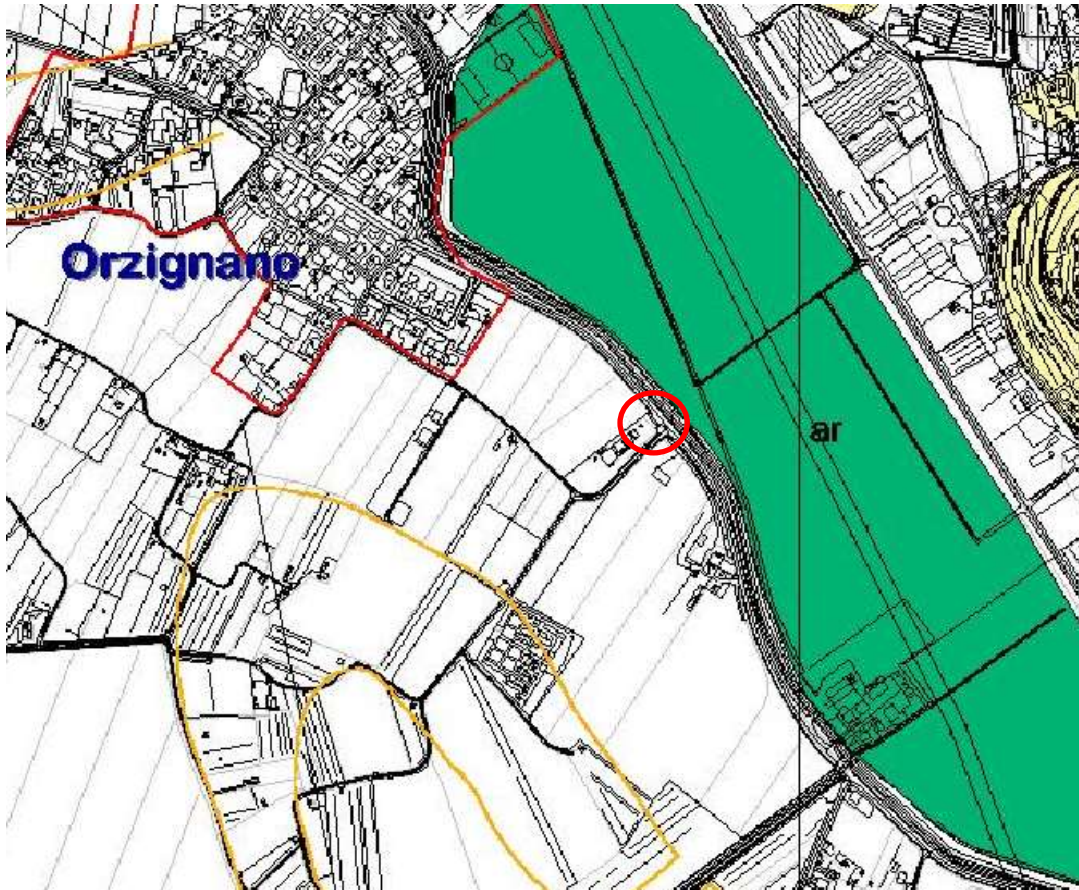
## CARTA GEOLOGICA











<b>Sigla unita' geologica</b>	bna
<b>Descrizione unita' geologica</b>	Ghiaie, sabbie e limi dei terrazzi fluviali
<b>Denominazione unita' geologica</b>	Depositi alluvionali recenti, terrazzati e non terrazzati
<b>Eta'</b>	OLOCENE

Carta Geologica scala 10.000 (da Carta Geologica Regione Toscana).

CARTA GEOMORFOLOGICA

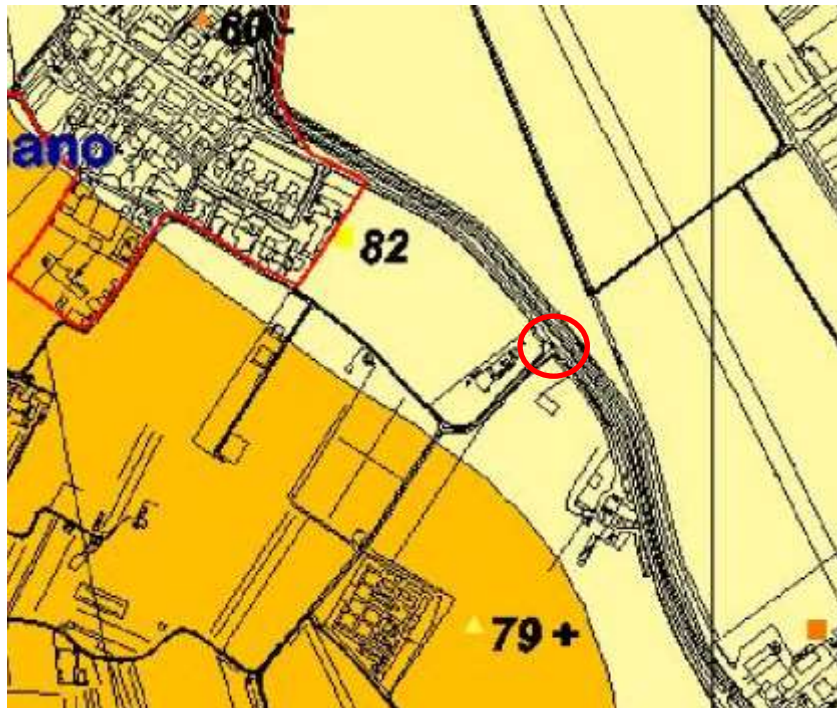


-  Aree soggette a temporaneo ristagno
-  Cono di delazione e/o di origine mista
-  Deposito colluvio-alluvionale delle valli minori
-  all - terreni alluvionali di pianura, zone di colmata

-  Limite di comune
-  Area morfologicamente depressa
-  Tracda di paleovalveo
-  Tracda di paleovalveo non definito

Carta Geomorfologica scala 10.000 (da PRG Strutturale).

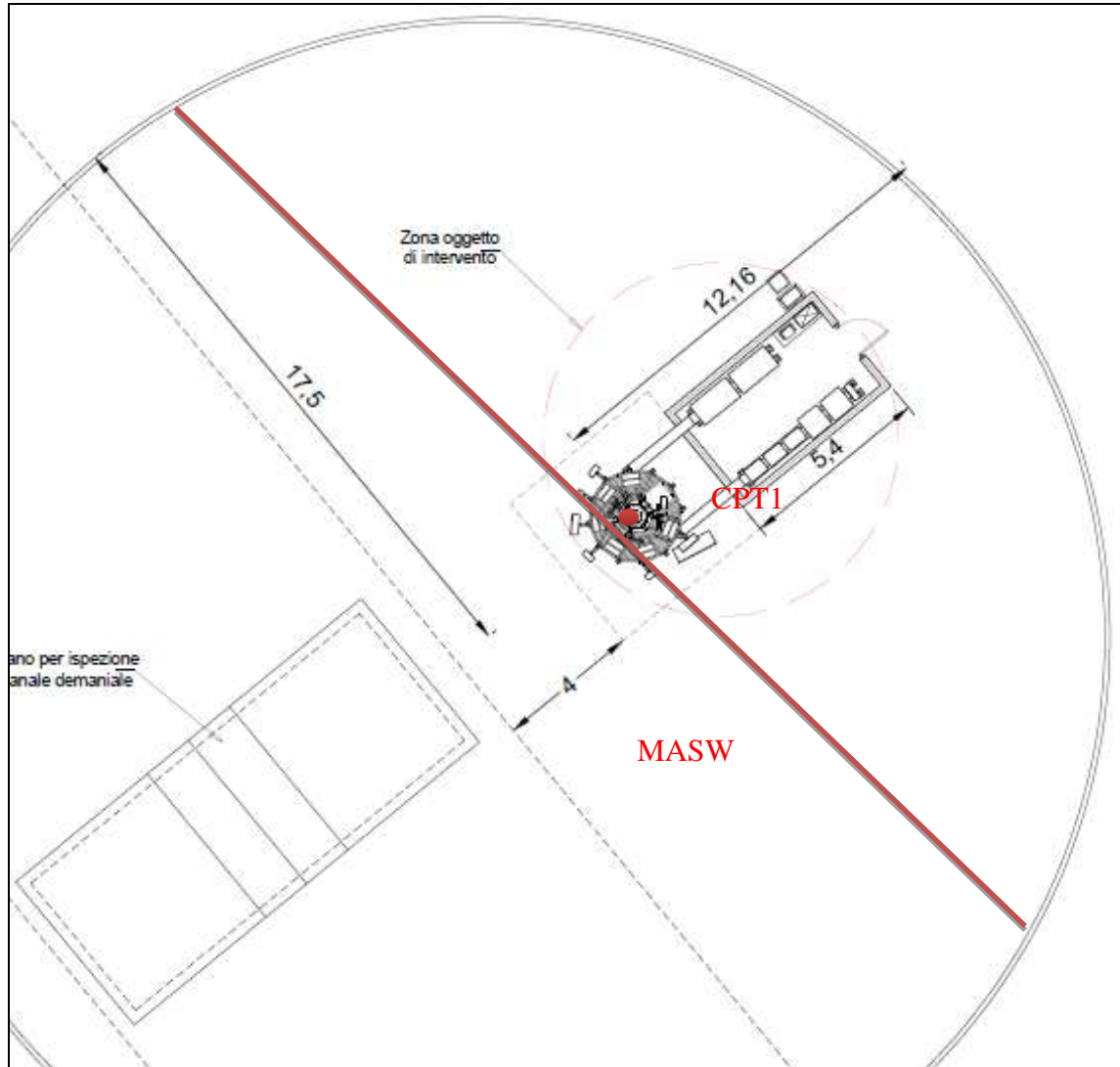
## CARTA LITOLOGICO TECNICA



- AREA DI PIANURA
- PA - SUCCESSIONI DI LITOTIPI PREVALENTEMENTE ARGILLOSI  
Argille, argille limose, argille sabbiose e limi argillosi
  - PS - SUCCESSIONI DI LITOTIPI PREVALENTEMENTE SABBIOSI  
Sabbie, sabbie limose, limi sabbiosi e limi
  - PT - SUCCESSIONI DI LITOTIPI ARGILLOSI - ORGANICI
  - Argille organiche e/o torbe

Stralcio cartografia LITOTECNICA PRG (SENZA SCALA)- AREE DI PIANURA - PS SUCCESSIONE PREVALENTEMENTE SABBIOSA

CARTA DEI DATI DI BASE

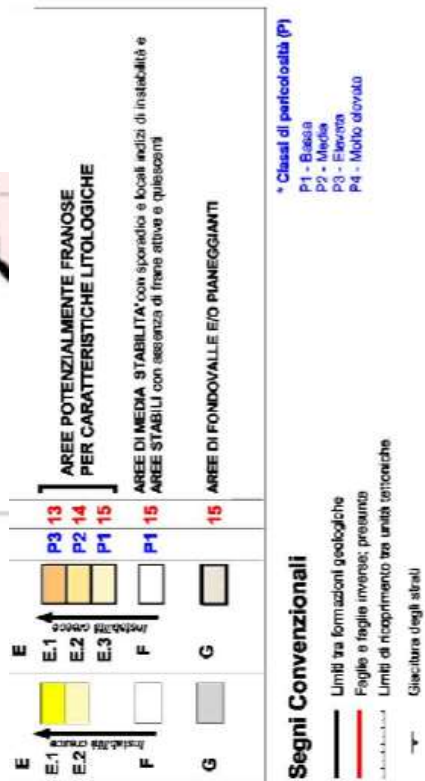
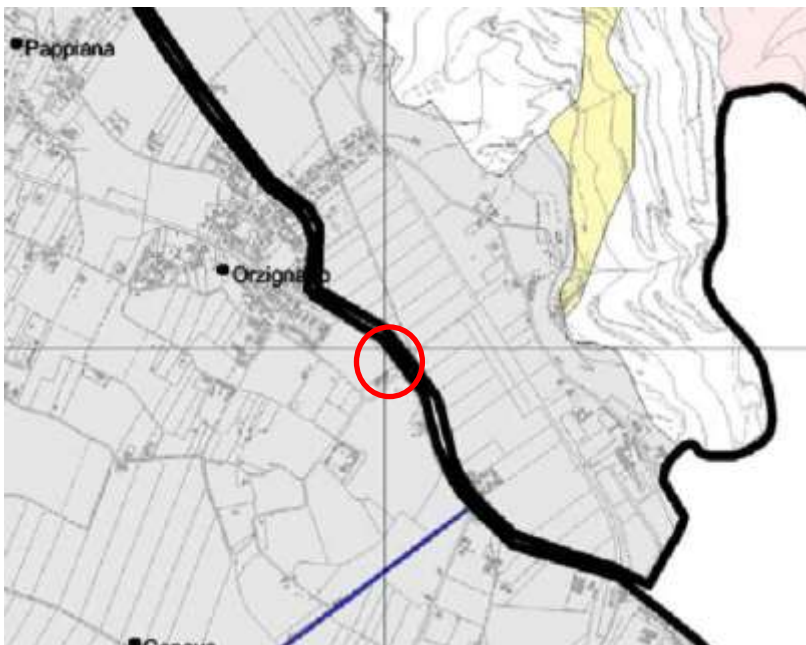


Carta indagini geognostiche scala 1:200.

### CARTA FRANOSITA' IFFI E BACINO PAI SERCHIO

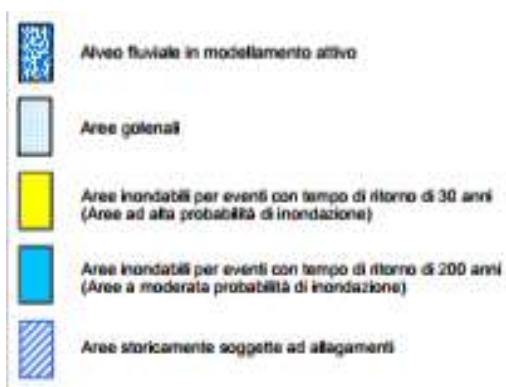


Stralcio cartografia IFFI (SENZA SCALA)



Stralcio cartografia IFFI (SENZA SCALA) – AREE DI FONDOVALLE E/O PIANEGGIANTI

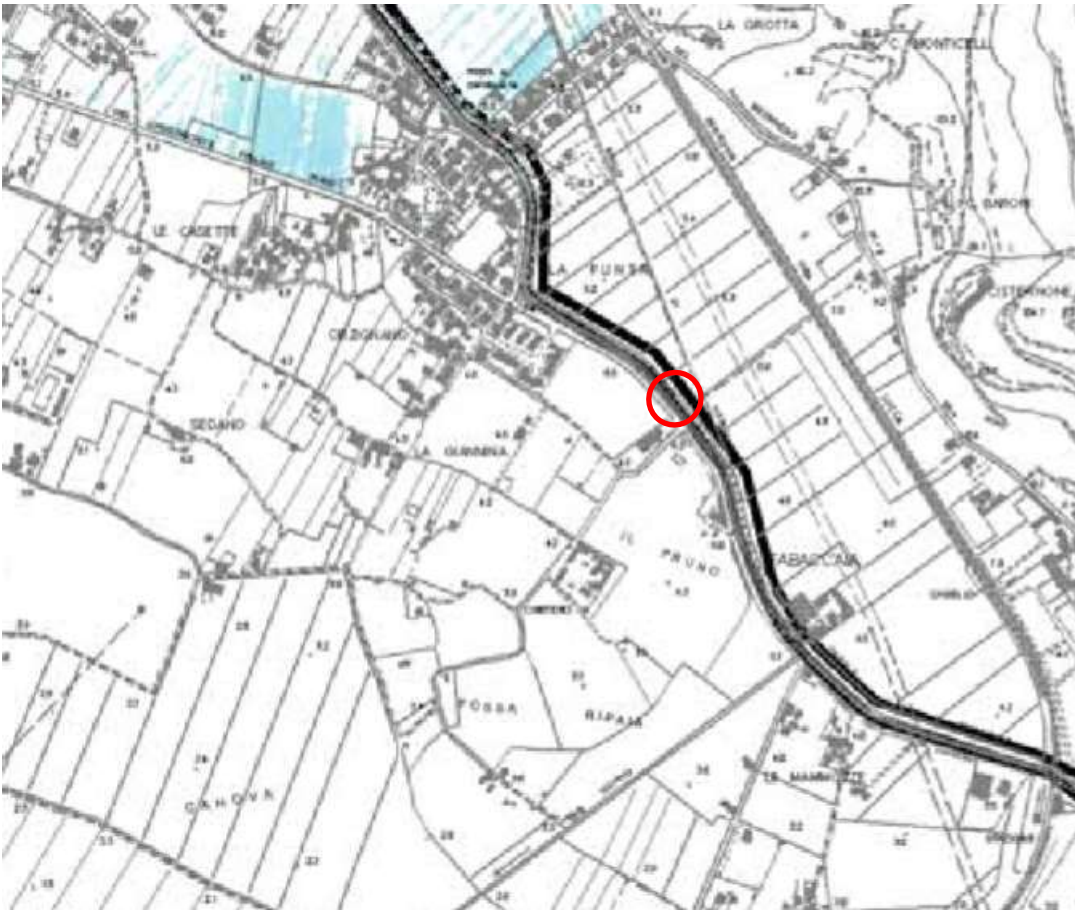
CARTA DELLE AREE ALLAGABILI PAI SERCHIO TR=200 ANNI



Aree inondabili Tr=200 anni (Stralcio cartografia PAI Serchio).

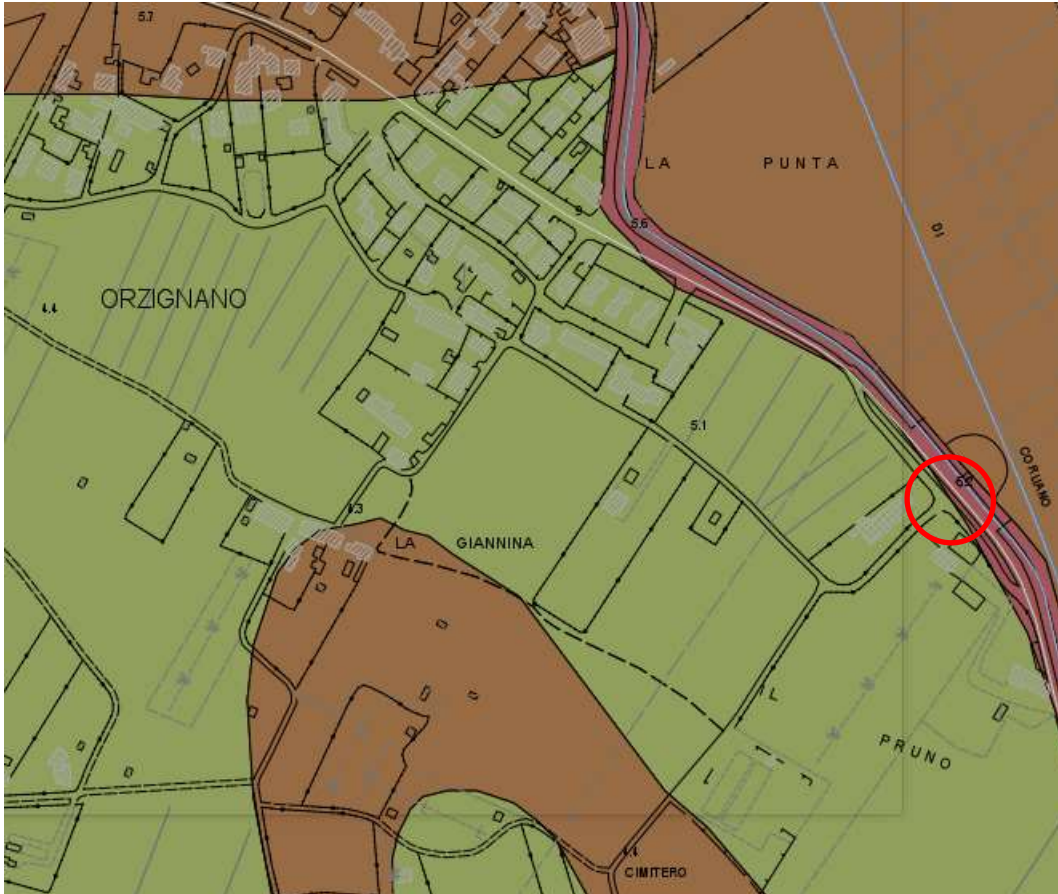


CARTA DELLE AREE ALLAGABILI PAI SERCHIO TR=30 ANNI



Aree inondabili Tr=30 anni (Stralcio cartografia PAI Serchio).

## CARTA IDROGEOLOGICA



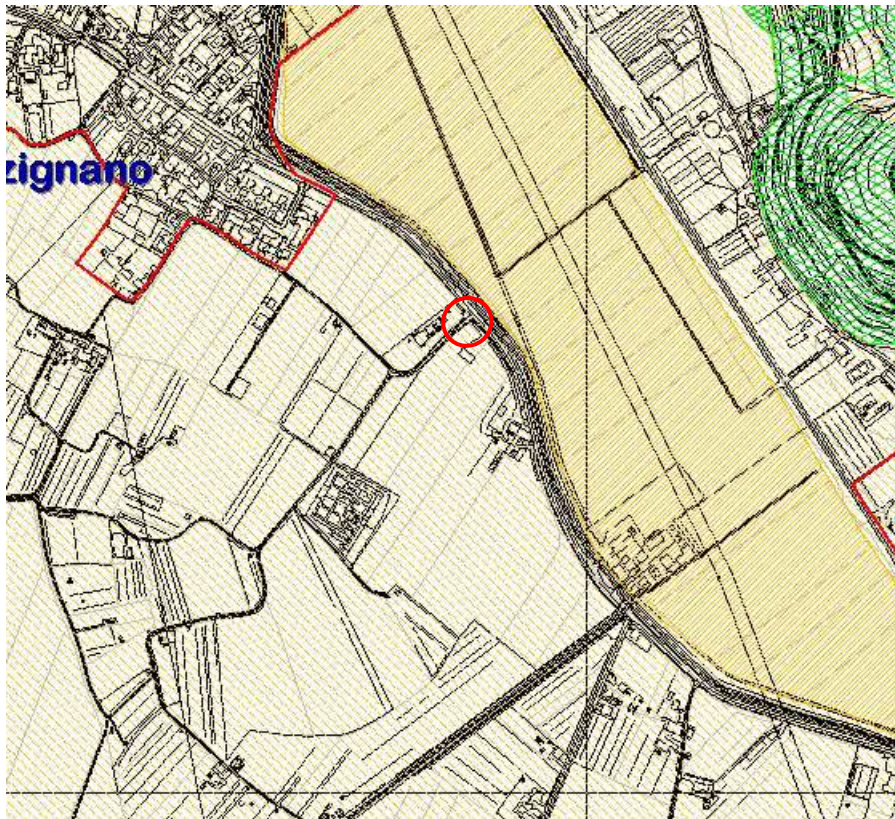
Classi di vulnerabilità

- 1
- 2
- 3a
- 3b
- 4a
- 4b

Falda localmente a -3.1 m da p.c. (gennaio 20018)

Classi di vulnerabilità idrogeologica – classe 3 (media) e 4 (elevata) (Stralcio PTC PROVINCIA PISA).

## CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGIA



### Pericolosità

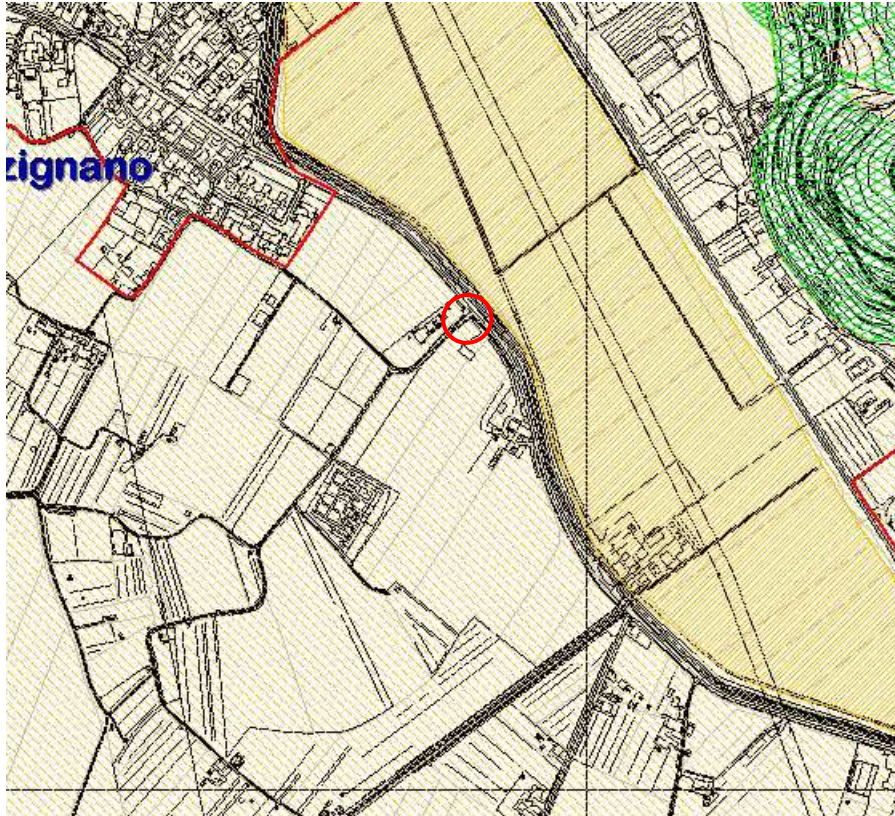
-  2 (1,2) - Pericolosità bassa.
-  2 (2,2) - Pericolosità bassa.
-  3 (1,3) - Pericolosità media.
-  3 (3,2) - Pericolosità media.
-  3 (3,3) - Pericolosità media.
-  4 (1,4) - Pericolosità elevata.
-  4 (4,4) - Pericolosità elevata.

Il primo numero indica la pericolosità dell'area,  
 i numeri piccoli tra parentesi indicano:  
 il primo la classe di pericolosità idraulica,  
 il secondo la classe di pericolosità geologico-geomorfologica.

Estratto Carta Pericolosità Geologica ed idraulica PRG Strutturale 3(3,2)= 3 classe per. Idraulica, 2 classe per. Geologica (ai sensi del DCR 94/85)

AI SENSI DEL 53/R LA PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA E' G2.

## CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA



### Pericolosità

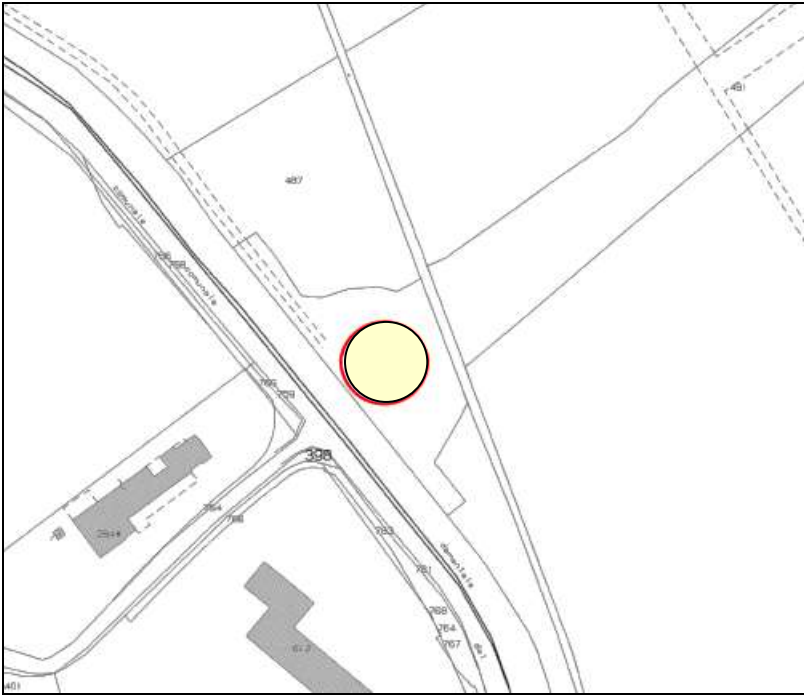
-  2 (1,2) - Pericolosità bassa.
-  2 (2,2) - Pericolosità bassa.
-  3 (1,3) - Pericolosità media.
-  3 (3,2) - Pericolosità media.
-  3 (3,3) - Pericolosità media.
-  4 (1,4) - Pericolosità elevata.
-  4 (4,4) - Pericolosità elevata.

Il primo numero indica la pericolosità dell'area,  
 i numeri piccoli tra parentesi indicano:  
 il primo la classe di pericolosità idraulica,  
 il secondo la classe di pericolosità geologico-geomorfologica.

Estratto Carta Pericolosità Geologica ed idraulica PRG Strutturale 3(3,2)= 3 classe per. Idraulica, 2 classe per. Geologica (ai sensi del DCR 94/85)

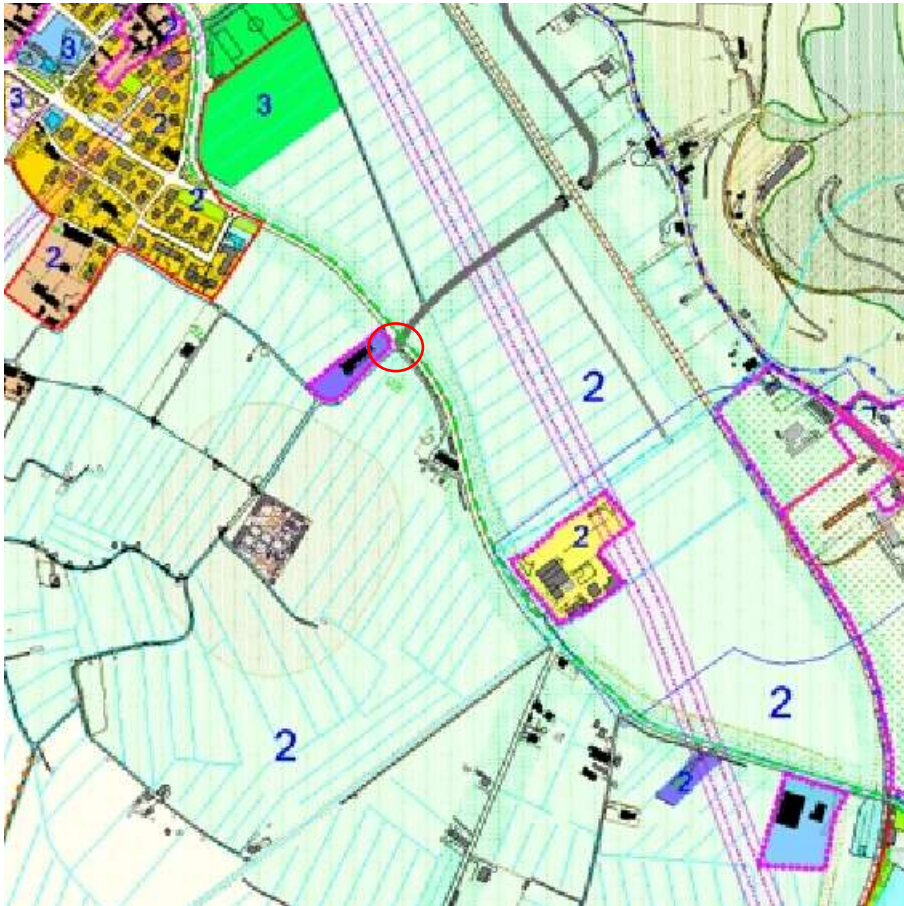
AI SENSI DEL 53/R LA PERICOLOSITA' IDRAULICA E' I3.

## CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA



CLASSE DI PERICOLOSITA' SISMICA S2 MEDIA (53/R)  
ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI SISMICHE LOCALI

## CARTA DELLA FATTIBILITA'



CLASSI di FATTIBILITA'	
1	FATTIBILITA' SENZA PARTICOLARI LIMITAZIONI
2	FATTIBILITA' CON NORMALI VINCOLI DA PRECISARE A LIVELLO DI PROGETTO
3	FATTIBILITA' CONDIZIONATA
4	FATTIBILITA' LIMITATA

Estratto Carta fattibilità PRG Strutturale F2 (ai sensi del DCR 94/85)  
AI SENSI DEL 53/R LA FATTIBILITA' GEOMORFOLOGICA E' FG2.  
AI SENSI DEL 53/R LA FATTIBILITA' IDRAULICA E' FI3.  
AI SENSI DEL 53/R LA FATTIBILITA' SISMICA E' FS2.

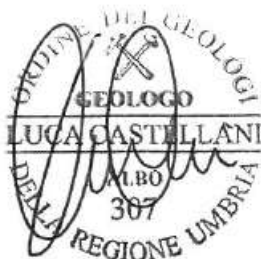


## PROVA PENETROMETRICA STATICA

Committente: TIM - VODAFONE Cantiere: SRB Località: SAN GIULIANO TERME	
--	--

### Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH TG 63-200 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63.5 Kg
Altezza di caduta libera	0.75 m
Peso sistema di battuta	0.63 Kg
Diametro punta conica	51.00 mm
Area di base punta	20.43 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6.31 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0.40 m
Avanzamento punta	0.20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1.47
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °







PROVE PENETROMETRICHE STATICHE  
(CONE PENETRATION TEST)  
CPT

**PROVE CPT : METODOLOGIA DELL' INDAGINE**

La prova penetrometrica statica CPT (di tipo meccanico) consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ( $v = 2 \text{ cm / s} \pm 0,5 \text{ cm / s}$ ).

La penetrazione viene effettuata tramite un dispositivo di spinta (martinetto idraulico), opportunamente ancorato al suolo con coppie di coclee ad infissione, che agisce su una batteria doppia di aste (aste coassiali esterne cave e interne piene), alla cui estremità è collegata la punta.

Lo sforzo necessario per l'infissione è misurato per mezzo di manometri, collegati al martinetto

mediante una testa di misura idraulica.

La punta conica (del tipo telescopico) è dotata di un manicotto sovrastante, per la misura dell'attrito laterale : punta / manicotto tipo "**Begemann**".

Le dimensioni della punta / manicotto sono standardizzate, e precisamente :

- diametro Punta Conica meccanica	$\varnothing$	= 35,7 mm
- area di punta	$A_p$	= 10 cm <sup>2</sup>
- angolo di apertura del cono	$\alpha$	= 60 °
- superficie laterale del manicotto	$A_m$	= 150 cm <sup>2</sup>

Sulla batteria di aste esterne può essere installato un anello allargatore per diminuire l'attrito sulle aste, facilitandone l'infissione.

### **REGISTRAZIONE DATI.**

Una cella di carico, che rileva gli sforzi di infissione, è montata all'interno di un'unità rimovibile, chiamata "selettore", che preme alternativamente sull'asta interna e su quella esterna.

Durante la fase di spinta le aste sono azionate automaticamente da un comando idraulico. L'operatore deve solamente controllare i movimenti di spinta per l'infissione delle aste.

I valori acquisiti dalla cella di carico sono visualizzati sul display di una Sistema Acquisizione Automatico (qualora presente) o sui manometri.

Per mezzo di un software (in alcuni strumenti) è possibile sia durante l'acquisizione, che in un secondo momento a prove ultimate trasferire i dati ad un PC.

Le letture di campagna (che possono essere rilevate dal sistema di acquisizione sia in Kg che in Kg/cm<sup>2</sup>) durante l'infissione sono le seguenti:

- Lettura alla punta **LP** = prima lettura di campagna durante l'infissione relativa all'infissione della sola punta
- Lettura laterale **LT** = seconda lettura di campagna relativa all'infissione della punta+manicotto

- Lettura totale **LLTT** = terza lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne ( tale lettura non sempre viene rilevata in quanto non è influente metodologicamente ai fini interpretativi).

## **METODOLOGIA DI ELABORAZIONE**

I dati rilevati della prova sono quindi una coppia di valori per ogni intervallo di lettura costituiti da LP (Lettura alla punta) e LT (Lettura della punta + manicotto), le relative resistenze vengono quindi desunte per differenza, inoltre la resistenza laterale viene conteggiata 20 cm sotto (alla quota della prima lettura della punta).

Trasferiti i dati ad un PC vengono elaborati da un programma di calcolo “**STATIC PROBING**” della GeoStru

La resistenze specifiche **Qc** (Resistenza alla punta **RP** ) e **Ql** Resistenza Laterale **RL** o **fs** attrito laterale specifico che considera la superficie del manicotto di frizione) vengono desunte tramite opportune costanti e sulla base dei valori specifici dell'area di base della punta e dell'area del manicotto di frizione laterale tenendo in debito conto che:

$A_p$  = l'area punta (base del cono punta tipo “Begemann” ) =  $10 \text{ cm}^2$

$A_m$  = area del manicotto di frizione =  $150 \text{ cm}^2$

$C_t$  = costante di trasformazione =10

Il programma Static Probing permette inoltre l'archiviazione, la gestione e l'elaborazione delle Prove Penetrometriche Statiche.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di “catalogare e parametrizzare” il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la

caratterizzazione

stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno. L'utilizzo dei dati dovrà comunque essere trattato con spirito critico e possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

I dati di uscita principali sono RP (Resistenza alla punta) e RL (Resistenza laterale o fs, attrito laterale specifico che considera la superficie del manicotto di frizione) che il programma calcola automaticamente; inoltre viene calcolato il Rapporto RP/RL (Rapporto Begemann 1965) e il Rapporto RL/RP (Rapporto Schmertmann 1978 – FR %).

I valori sono calcolati con queste formule:

$$Q_c (RP) = (LP \times Ct) / 10 \text{ cm}^2.$$

**Resistenza alla punta**

$$Q_l (RL) (fs) = [(LT - LP) \times Ct] / 150 \text{ cm}^2.$$

**Resistenza laterale**

$Q_c (RP) =$  Lettura alla punta LP x Costante di Trasformazione Ct / Superficie Punta  $A_p$

$Q_l (RL) (fs) =$  Lettura laterale LT- Lettura alla punta LP x Costante di Trasformazione Ct /  $A_m$  area del manicotto di frizione

**N.B.**

-  $A_p = 10 \text{ cm}^2$  e  $A_m = 150 \text{ cm}^2$

- la resistenza laterale viene conteggiata **20 cm sotto** (alla quota della prima lettura della punta)

## VALUTAZIONI STATISTICHE

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Static Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

**Medio**

Media aritmetica dei valori della resistenza alla punta sullo strato considerato.

**Media minima**

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori della resistenza alla punta sullo strato considerato.

**Massimo**

Valore massimo dei valori del numero della resistenza alla punta sullo strato considerato.

**Minimo**

Valore minimo dei valori del numero della resistenza alla punta sullo strato considerato.

**Media (+) s**

Media (+) scarto (valore statistico) dei valori della resistenza alla punta sullo strato considerato.

**Media (-) s**

Media (-) scarto (valore statistico) dei valori della resistenza alla punta sullo strato considerato.

**CORRELAZIONI**

Scegliendo il tipo di interpretazione litologica (consigliata o meno a seconda del tipo di penetrometro utilizzato) si ha in automatico la stratigrafia con il passo dello strumento ed interpolazione automatica degli strati. Il programma esegue inoltre il grafico (per i vari autori) Profondità/Valutazioni litologiche, per visualizzare in maniera diretta l'andamento delle litologie presenti lungo la verticale indagata.

## INTERPRETAZIONI LITOLOGICHE (Autori di riferimento)

- Searle 1979
- Douglas Olsen 1981 ( consigliato per CPTE)
- A.G.I. 1977 ( consigliato per CPT)
- Schmertmann 1978 (consigliato per CPT)
- Robertson 1983-1986 ( consigliato per CPTE)
- Begemann 1965 ( consigliato per CPT)

## Suddivisione delle metodologie di indagine con i Penetrometri statici

CPT (Cone Penetration Test – punta Meccanica tipo Begemann)

CPTE (Cone Penetration Test Electric – punta elettrica)

CPTU (Piezocono)

Per quanto riguarda la PUNTA ELETTRICA generalmente tale strumento permette di ottenere dati in continuo con un passo molto ravvicinato (anche 2 cm.) rispetto al PUNTA MECCANICA (20 cm.).

Per il PIEZOCONO i dati di inserimento oltre a quelli di LP e LT sono invece la pressione neutrale misurata ed il tempo di dissipazione (tempo intercorrente misurato tra la misura della sovrappressione neutrale e la pressione neutrale o pressione della colonna d'acqua). Tale misurazione si effettua generalmente misurando la sovrappressione ottenuta in fase di spinta e la pressione neutrale (dissipazione nel tempo) misurata in fase di alleggerimento di spinta (arresto penetrazione). Il programma usato per le elaborazioni permette di immettere  $U_1 - U_2 - U_3$  cioè la sovrappressione neutrale misurata rispettivamente con filtro poroso posizionato nel cono, attorno al cono, o attorno al manicotto a seconda del tipo di piezocono utilizzato. Tale sovrappressione (che è data dalla somma della pressione idrostatica preesistente la penetrazione e dalle pressioni dei pori prodotte dalla compressione) può essere positiva o negativa e generalmente varia da (-1 a max. + 10-20 kg/cmq) ed è prodotta dalla compressione o dilatazione del terreno a seguito della penetrazione. Per il calcolo oltre ai dati strumentali generali si deve immettere per una correzione dei valori immessi :

**Area punta del cono** (area esterna punta)

**Area interna punta del cono** (area del restringimento in prossimità del setto poroso – interna cono-manicotto). Generalmente il rapporto tra le aree varia da (0,70 – 1,00).

**Il Passo del penetrometro** (l'intervallo entro cui effettua la lettura, generalmente per penetrometri normali è 20 cm., per le punte elettriche-piezoconi può essere di 2 cm).

Il programma elabora quindi i dati di resistenza alla punta e laterale  $f_s$  con le opportune correzioni dovute alla normalizzazione (con la tensione litostatica e con la pressione dei pori). Robertson definisce infine il valore caratteristico del  $I_c$  (Indice di tipo dello strato) e Contenuto in materiale fine FC % (cioè la percentuale di contenuto argilloso < 2 micron).

## CORRELAZIONI GEOTECNICHE

Scegliendo il tipo di interpretazione litologica si ha in automatico la stratigrafia con il passo dello strumento ed interpolazione automatica degli strati.

Ad ogni strato mediato il programma calcola la  $Q_c$  media, la  $f_s$  media, il peso di volume naturale medio, il comportamento geotecnico (coesivo, incoerente o coesivo-incoerente), ed applica una texture.

L'utilizzo dei dati dovrà comunque essere trattato con spirito critico e possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

## TERRENI INCOERENTI

### **Angolo di Attrito**

Angolo di Attrito (Durgunouglu-Mitchell 1973-1975) – per sabbie N.C. e S.C. non cementate

Angolo di Attrito (Meyerhof 1951) – per sabbie N.C. e S.C.

Angolo di Attrito Herminier

Angolo di Attrito (Caquot) - per sabbie N.C. e S.C. non cementate e per prof. > 2 mt. in terreni saturi o > 1 mt. non saturi

Angolo di Attrito (Koppejan) - per sabbie N.C. e S.C. non cementate e per prof. > 2 mt. in terreni saturi o > 1 mt. non saturi

Angolo di Attrito (De Beer 1965-1967) - per sabbie N.C. e S.C. non cementate e per prof. > 2 mt. in terreni saturi o > 1 mt. non saturi

Angolo di Attrito (Robertson & Campanella 1983) - per sabbie non cementate quarzose

Angolo di Attrito (Schmertmann 1977-1982) – per varie litologie (correlazione che generalmente sovrastima il valore)

### **Densità relativa (%)**

Densità Relativa (Baldi ed altri 1978-1983 - Schmertmann 1976) - per sabbie NC non cementate

Densità Relativa (Schmertmann)

Densità Relativa (Harman 1976)

Densità Relativa (Lancellotta 1983)

Densità Relativa (Jamiolkowski 1985)

Densità Relativa (Larsson 1995) - per sabbie omogenee non gradate

### **Modulo di Young**

Modulo di Young (Schmertmann 1970-1978)  $E_y(25) - E_y(50)$  - modulo secante riferito rispettivamente al 25 % e 50 % del valore di rottura – prima fase della curva carico/deformazione

Modulo di Young secante drenato (Robertson & Campanella 1983)  $E_y(25) - E_y(50)$ - per sabbie NC Quarzose.

Modulo di Young (ISOPT-1 1988)  $E_y(50)$  - per sabbie OC sovraconsolidate e SC

### **Modulo Edometrico**

Modulo Edometrico (Robertson & Campanella) da Schmertmann

Modulo Edometrico (Lunne-Christoffersen 1983 - Robertson and Powell 1997) - valido per sabbie NC

Modulo Edometrico (Kulhawy-Mayne 1990)

Modulo Edometrico (Mitchell & Gardner 1975) – valido per sabbie

Modulo Edometrico (Buisman - Sanglerat) – valido per sabbie argillose

### **Peso di Volume**

Peso di Volume (Meyerhof) -

Peso di Volume saturo (Meyerhof) -

### **Modulo di deformazione di taglio**

Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per **sabbie** e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

### **Potenziale di Liquefazione**

Verifica alla liquefazione dei suoli incoerenti (Metodo di Robertson e Wride 1997 – C.N.R. – GNDT) – coefficiente di sicurezza relativo alle varie zone sismiche I-I-III-IV cat. – N.B. la liquefazione è assente per  $F_s \geq 1,25$ , possibile per  $F_s=1,0-1,25$  e molto probabile per  $F_s < 1$

### **Fattori di compressibilità**

Ramo di carico C ( autori vari)

Ramo di carico medio  $C_{rm}$  (autori vari)

### **OCR - Grado di Sovraconsolidazione**

Grado di Sovraconsolidazione OCR - (metodo Stress-History)

Grado di Sovraconsolidazione OCR (Larsson 1991 S.G.I.)

Grado di Sovraconsolidazione OCR (Piacentini-Righi Inacos 1978)

Grado di Sovraconsolidazione OCR - (Ladd e Foot - Ladd ed altri 1977)

### **Modulo Di Reazione $K_0$**

(Kulhawy Maine, 1990).

### **Correlazione NSPT**

Meardi – Meigh 1972

Meyerhof

## **TERRENI COESIVI**

### **Coesione Non Drenata**

Coesione non drenata (Lunne & Eide)

Coesione non drenata (Rolf Larsson SGI 1995) - suoli fini granulari



Coesione non drenata (Baligh ed altri 1976-1980) in tale elaborazione occorre inserire il valore di  $N_k$  (generalmente variabile da 11 a 25)  
Coesione non drenata (Marsland 1974-Marsland e Powell 1979)  
Coesione non drenata Sunda (relazione sperimentale)  
Coesione non drenata (Lunne T.-Kleven A. 1981)  
Coesione non drenata (Kjekstad. 1978 )  
Coesione non drenata (Lunne, Robertson and Powell 1977)  
Coesione non drenata (Terzaghi - valore minimo)  
Coesione non drenata (Begemann)  
Coesione non drenata (De Beer) - valida per debole coesione.

### ***Indice Di Compressione C***

Indice di Compressione Vergine  $C_c$  (Schmertmann)  
Indice di Compressione Vergine  $C_c$  (Schmertmann 1978)  
Fattore di compressibilità ramo di carico  $C$  (Piacentini-Righi Inacos 1978)  
Fattore di compressibilità medio ramo di carico  $C_{rm}$  (Piacentini-Righi Inacos 1978).

### ***Modulo Edometrico-Confinato***

Mitchell - Gardnerr (1975)  $M_o$  (Eed) (Kg/cmq) per limi e argille.  
Metodo generale del modulo edometrico.  
Buisman correlazione valida per limi e argille di media plasticità – Alluvioni attuali argille plastiche – suoli organici ( $W$  90-130)  
Buisman e Sanglerat valida per litotipi argille copatte

Valore medio degli autori su suoli coesivi

### ***Modulo di deformazione non drenato***

Modulo di deformazione non drenato  $E_u$  (Cancelli ed altri 1980)  
Modulo di deformazione non drenato  $E_u$  (Ladd ed altri 1977) – (Inserire valore  $n$   $30 < n < 1500$  sulla base di esperienze acquisite e del tipo litologico)

### ***Peso di Volume***

Peso di Volume terreni coesivi (t/mq) (Meyerhof)  
Peso di Volume saturo terreni coesivi (t/mq) (Meyerhof)

### ***Modulo di deformazione di taglio***

Imai & Tonouchi (1982)

### **OCR**

Grado di Sovraconsolidazione OCR - (metodo Stress-History)  
Grado di Sovraconsolidazione OCR (P.W. Mayne 1991) - per argille ed argille sovraconsolidate  
Grado di Sovraconsolidazione OCR (Larsson 1991 S.G.I.)  
Grado di Sovraconsolidazione OCR (Piacentini-Righi Inacos 1978)  
Grado di Sovraconsolidazione Jamiolkowski et altri 1979 – valida per argilla di Taranto  
Grado di Sovraconsolidazione Schmertmann 1978

### Coefficiente Di Consolidazione Verticale

Coefficiente di Consolidazione Cv (Piacentini-Righi, 1988)

### Permeabilità

Coefficiente di Permeabilità K (Piacentini-Righi, 1988 )

PROVA ... Nr.1

Committente: TELECOM

Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)

Prova eseguita in data: 02/01/2018

Profondità prova: 17.60 mt

Località: SAN GIULIANO TERME

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lettura laterale (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	14.00	32.0	14.0	1.067	13.121	7.6
0.40	29.00	45.0	29.0	2.467	11.755	8.5
0.60	19.00	56.0	19.0	1.0	19.0	5.3
0.80	17.00	32.0	17.138	0.733	23.381	4.3
1.00	33.00	44.0	33.138	1.133	29.248	3.4
1.20	23.00	40.0	23.276	1.333	17.461	5.7
1.40	15.00	35.0	15.276	1.267	12.057	8.3
1.60	17.00	36.0	17.276	0.533	32.413	3.1
1.80	15.00	23.0	15.276	1.133	13.483	7.4
2.00	18.00	35.0	18.276	1.067	17.128	5.8
2.20	25.00	41.0	25.414	0.933	27.239	3.7
2.40	18.00	32.0	18.414 1.2		15.345	6.5
2.60	21.00	39.0	21.414	0.933	22.952	4.4
2.80	20.00	34.0	20.414	1.067	19.132	5.2
3.00	21.00	37.0	21.414	1.133	18.9	5.3
3.20	17.00	34.0	17.552 1.2		14.627	6.8
3.40	15.00	33.0	15.552	0.867	17.938	5.6
3.60	19.00	32.0	19.552	1.333	14.668	6.8
3.80	20.00	40.0	20.552	1.467	14.01	7.1
4.00	18.00	40.0	18.552	1.333	13.917	7.2
4.20	18.00	38.0	18.69	1.267	14.751	6.8
4.40	18.00	37.0	18.69 1.2		15.575	6.4
4.60	15.00	33.0	15.69	0.933	16.817	5.9
4.80	14.00	28.0	14.69 0.8		18.363	5.4
5.00	12.00	24.0	12.69	0.667	19.025	5.3
5.20	13.00	23.0	13.828	0.667	20.732	4.8
5.40	15.00	25.0	15.828	0.6	26.38	3.8
5.60	17.00	26.0	17.828	0.933	19.108	5.2
5.80	14.00	28.0	14.828	0.533	27.82	3.6
6.00	13.00	21.0	13.828	0.0		0.0
6.20	22.00	22.0	22.966	1.067	21.524	4.6
6.40	19.00	35.0	19.966	1.067	18.712	5.3
6.60	15.00	31.0	15.966	0.933	17.113	5.8
6.80	18.00	32.0	18.966 0.8		23.708	4.2
7.00	14.00	26.0	14.966	0.333	44.943	2.2
7.20	18.00	23.0	19.104	-0.133	-143.639	-0.7
7.40	49.00	47.0	50.104	0.333	150.462	0.7
7.60	25.00	30.0	26.104 0.2		130.52	0.8
7.80	40.00	43.0	41.104	1.067	38.523	2.6
8.00	22.00	38.0	23.104	0.133	173.714	0.6
8.20	21.00	23.0	22.242	0.267	83.303	1.2

8.40	17.00	21.0	17.0	0.4	42.5	2.4
8.60	39.00	45.0	40.242 1.0		40.242	2.5
8.80	45.00	60.0	46.242	0.867	53.336	1.9
9.00	37.00	50.0	38.242	0.867	44.108	2.3
9.20	41.00	54.0	42.38	0.867	48.881	2.0
9.40	28.00	41.0	29.38	1.0	29.38	3.4
9.60	28.00	43.0	29.38	0.933	31.49	3.2
9.80	33.00	47.0	34.38	1.133	30.344	3.3
10.00	37.00	54.0	38.38	1.0	38.38	2.6
10.20	42.00	57.0	43.518	0.733	59.37	1.7
10.40	37.00	48.0	38.518	0.867	44.427	2.3
10.60	37.00	50.0	38.518	1.133	33.996	2.9
10.80	43.00	60.0	44.518 1.0		44.518	2.2
11.00	38.00	53.0	39.518	0.467	84.621	1.2
11.20	44.00	51.0	45.656 1.0		45.656	2.2
11.40	39.00	54.0	40.656	0.8	50.82	2.0
11.60	50.00	62.0	51.656	1.067	48.412	2.1
11.80	37.00	53.0	38.656	0.933	41.432	2.4
12.00	32.00	46.0	33.656	1.067	31.543	3.2
12.20	46.00	62.0	47.794	0.667	71.655	1.4
12.40	50.00	60.0	51.794 1.2		43.162	2.3
12.60	64.00	82.0	65.794 0.8		82.243	1.2
12.80	71.00	83.0	72.794 1.0		72.794	1.4
13.00	80.00	95.0	81.794 1.2		68.162	1.5
13.20	54.00	72.0	55.932	1.267	44.145	2.3
13.40	65.00	84.0	66.932	1.467	45.625	2.2
13.60	49.00	71.0	50.932	1.067	47.734	2.1
13.80	37.00	53.0	38.932 1.4		27.809	3.6
14.00	63.00	84.0	64.932	1.267	51.249	2.0
14.20	66.00	85.0	68.07 1.6		42.544	2.4
14.40	54.00	78.0	56.07	0.733	76.494	1.3
14.60	53.00	64.0	55.07	1.333	41.313	2.4
14.80	53.00	73.0	55.07	1.267	43.465	2.3
15.00	57.00	76.0	59.07	1.067	55.361	1.8
15.20	53.00	69.0	55.208 1.4		39.434	2.5
15.40	54.00	75.0	56.208	1.733	32.434	3.1
15.60	56.00	82.0	58.208	0.8	72.76	1.4
15.80	53.00	65.0	55.208	0.933	59.173	1.7
16.00	65.00	79.0	67.208	1.533	43.841	2.3
16.20	41.00	64.0	43.346	1.467	29.547	3.4
16.40	56.00	78.0	58.346	1.267	46.051	2.2
16.60	68.00	87.0	70.346	1.067	65.929	1.5
16.80	66.00	82.0	68.346	1.133	60.323	1.7
17.00	65.00	82.0	67.346 1.0		67.346	1.5
17.20	54.00	69.0	56.484	1.467	38.503	2.6
17.40	55.00	77.0	57.484 0.4		143.71	0.7
17.60	52.00	58.0	54.484	0.0		0.0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	Gamma Medio (t/m <sup>3</sup> )	Comp. Geotecnico	Descrizione
1.20	22.592	1.289	1.9	Coesivo	Limo argilloso consistente
4.40	18.895	1.121	1.9	Incoerente	Limo sabbioso-argilloso
6.60	16.192	0.745	1.9	Coesivo	Limo argilloso plastico
7.20	17.679	0.333		1.9 Incoerente	Sabbie limose

8.40	29.943	0.4	1.9	Incoerente	Sabbia
12.40	40.654	0.93		1.9 Incoerente	Sabbie limose
17.60	59.985	1.141		1.9 Incoerente	Sabbie limose

### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

#### TERRENI COESIVI I

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	1.20	22.592	1.289	0.1	0.1	Terzaghi	1.1
Strato 3	6.60	16.192	0.745	1.0	0.8	Terzaghi	0.8

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	1.20	22.592	1.289	0.1	0.1	Metodo generale del modulo Edometrico	45.2
Strato 3	6.60	16.192	0.745	1.0	0.8	Metodo generale del modulo Edometrico	47.9

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Eu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	1.20	22.592	1.289	0.1	0.1	Cancelli 1980	842.9
Strato 3	6.60	16.192	0.745	1.0	0.8	Cancelli 1980	577.0

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	1.20	22.592	1.289	0.1	0.1	Imai & Tomauchi	188.1
Strato 3	6.60	16.192	0.745	1.0	0.8	Imai & Tomauchi	153.5

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale	Tensione litostatica efficace	Correlazione	Ocr
--	---------------------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------	--------------	-----

				(Kg/cm <sup>2</sup> )	(Kg/cm <sup>2</sup> )		
Strato 1	1.20	22.592	1.289	0.1	0.1	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 3	6.60	16.192	0.745	1.0	0.8	Piacentini Righi 1978	6.58

#### Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	1.20	22.592	1.289	0.1	0.1	Meyerhof	2.0
Strato 3	6.60	16.192	0.745	1.0	0.8	Meyerhof	1.9

#### Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	C	Crm
Strato 1	1.20	22.592	1.289	0.1	0.1	0.12587	0.01636
Strato 3	6.60	16.192	0.745	1.0	0.8	0.14914	0.01939

#### Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	1.20	22.592	1.289	0.1	0.1	Meyerhof	2.1
Strato 3	6.60	16.192	0.745	1.0	0.8	Meyerhof	2.0

#### Velocità onde di taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 1	1.20	22.592	1.289	0.1	0.1	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	178.31
Strato 3	6.60	16.192	0.745	1.0	0.8	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	229.29

### TERRENI INCOERENTI I

#### Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 2	4.40	18.895	1.121	0.5	0.5	Harman	29.9
Strato 4	7.20	17.679	0.333	1.3	0.9	Harman	14.2
Strato 5	8.40	29.943	0.4	1.5	1.0	Harman	30.3
Strato 6	12.40	40.654	0.93	2.0	1.2	Harman	35.8

Strato 7      17.60      59.985      1.141      2.9      1.7      Harman      42.3

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 2	4.40	18.895	1.121	0.5	0.5	Meyerhof 1951	25.5
Strato 4	7.20	17.679	0.333	1.3	0.9	Meyerhof 1951	24.9
Strato 5	8.40	29.943	0.4	1.5	1.0	Meyerhof 1951	30.4
Strato 6	12.40	40.654	0.93	2.0	1.2	Meyerhof 1951	35.3
Strato 7	17.60	59.985	1.141	2.9	1.7	Meyerhof 1951	43.9

Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	4.40	18.895	1.121	0.5	0.5	Schmertmann	47.2
Strato 4	7.20	17.679	0.333	1.3	0.9	Schmertmann	44.2
Strato 5	8.40	29.943	0.4	1.5	1.0	Schmertmann	74.9
Strato 6	12.40	40.654	0.93	2.0	1.2	Schmertmann	101.6
Strato 7	17.60	59.985	1.141	2.9	1.7	Schmertmann	150.0

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	4.40	18.895	1.121	0.5	0.5	Mitchell & Gardner 1975	37.8
Strato 4	7.20	17.679	0.333	1.3	0.9	Mitchell & Gardner 1975	35.4
Strato 5	8.40	29.943	0.4	1.5	1.0	Mitchell & Gardner 1975	59.9
Strato 6	12.40	40.654	0.93	2.0	1.2	Mitchell & Gardner 1975	81.3
Strato 7	17.60	59.985	1.141	2.9	1.7	Mitchell & Gardner 1975	102.0

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	4.40	18.895	1.121	0.5	0.5	Imai & Tomauchi	168.7

Strato 4	7.20	17.679	0.333	1.3	0.9	Imai & Tomauchi	161.9
Strato 5	8.40	29.943	0.4	1.5	1.0	Imai & Tomauchi	223.4
Strato 6	12.40	40.654	0.93	2.0	1.2	Imai & Tomauchi	269.4
Strato 7	17.60	59.985	1.141	2.9	1.7	Imai & Tomauchi	341.6

#### Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Ocr
Strato 2	4.40	18.895	1.121	0.5	0.5	Larsson 1991 S.G.I.	<0.5
Strato 4	7.20	17.679	0.333	1.3	0.9	Larsson 1991 S.G.I.	<0.5
Strato 5	8.40	29.943	0.4	1.5	1.0	Larsson 1991 S.G.I.	<0.5
Strato 6	12.40	40.654	0.93	2.0	1.2	Larsson 1991 S.G.I.	<0.5
Strato 7	17.60	59.985	1.141	2.9	1.7	Larsson 1991 S.G.I.	<0.5

#### Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Ko
Strato 2	4.40	18.895	1.121	0.5	0.5	Kulhawy & Mayne (1990)	0.31
Strato 4	7.20	17.679	0.333	1.3	0.9	Kulhawy & Mayne (1990)	0.00
Strato 5	8.40	29.943	0.4	1.5	1.0	Kulhawy & Mayne (1990)	0.27
Strato 6	12.40	40.654	0.93	2.0	1.2	Kulhawy & Mayne (1990)	0.29
Strato 7	17.60	59.985	1.141	2.9	1.7	Kulhawy & Mayne (1990)	0.31

#### Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	C	Crn
Strato 2	4.40	18.895	1.121	0.5	0.5	0.13739	0.01786

Strato 4	7.20	17.679	0.333	1.3	0.9	0.14223	0.01849
Strato 5	8.40	29.943	0.4	1.5	1.0	0.11142	0.01448
Strato 6	12.40	40.654	0.93	2.0	1.2	0.11135	0.01448
Strato 7	17.60	59.985	1.141	2.9	1.7	0.10159	0.01321

Peso unità di volume

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 2	4.40	18.895	1.121	0.5	Meyerhof	1.8
Strato 4	7.20	17.679	0.333	1.3	Meyerhof	1.8
Strato 5	8.40	29.943	0.4	1.5	Meyerhof	1.9
Strato 6	12.40	40.654	0.93	2.0	Meyerhof	1.8
Strato 7	17.60	59.985	1.141	2.9	Meyerhof	1.8

Peso unità di volume saturo

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 2	4.40	18.895	1.121	0.5	Meyerhof	2.1
Strato 4	7.20	17.679	0.333	1.3	Meyerhof	2.1
Strato 5	8.40	29.943	0.4	1.5	Meyerhof	2.2
Strato 6	12.40	40.654	0.93	2.0	Meyerhof	2.1
Strato 7	17.60	59.985	1.141	2.9	Meyerhof	2.1

Velocità onde di taglio.

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 2	4.40	18.895	1.121	0.5	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	236.58
Strato 4	7.20	17.679	0.333	1.3	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	249.45
Strato 5	8.40	29.943	0.4	1.5	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	287.70
Strato 6	12.40	40.654	0.93	2.0	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	318.80
Strato 7	17.60	59.985	1.141	2.9	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	364.28

Permeabilità

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale	Tensione litostatica efficace	Correlazione	K (cm/s)
------------------	--------------------------	--------------------------	-----------------------------	-------------------------------	--------------	----------



				(Kg/cm <sup>2</sup> )	(Kg/cm <sup>2</sup> )		
Strato 1	1.20	22.592	1.289	0.1	0.1	Piacentini-Righi 1988	1.00E-11
Strato 2	4.40	18.895	1.121	0.5	0.5	Piacentini-Righi 1988	1.00E-11
Strato 3	6.60	16.192	0.745	1.0	0.8	Piacentini-Righi 1988	7.36E-09
Strato 4	7.20	17.679	0.333	1.3	0.9	Piacentini-Righi 1988	7.35E-04
Strato 5	8.40	29.943	0.4	1.5	1.0	Piacentini-Righi 1988	6.06E-03
Strato 6	12.40	40.654	0.93	2.0	1.2	Piacentini-Righi 1988	1.28E-04
Strato 7	17.60	59.985	1.141	2.9	1.7	Piacentini-Righi 1988	5.89E-04

Coefficiente di consolidazione

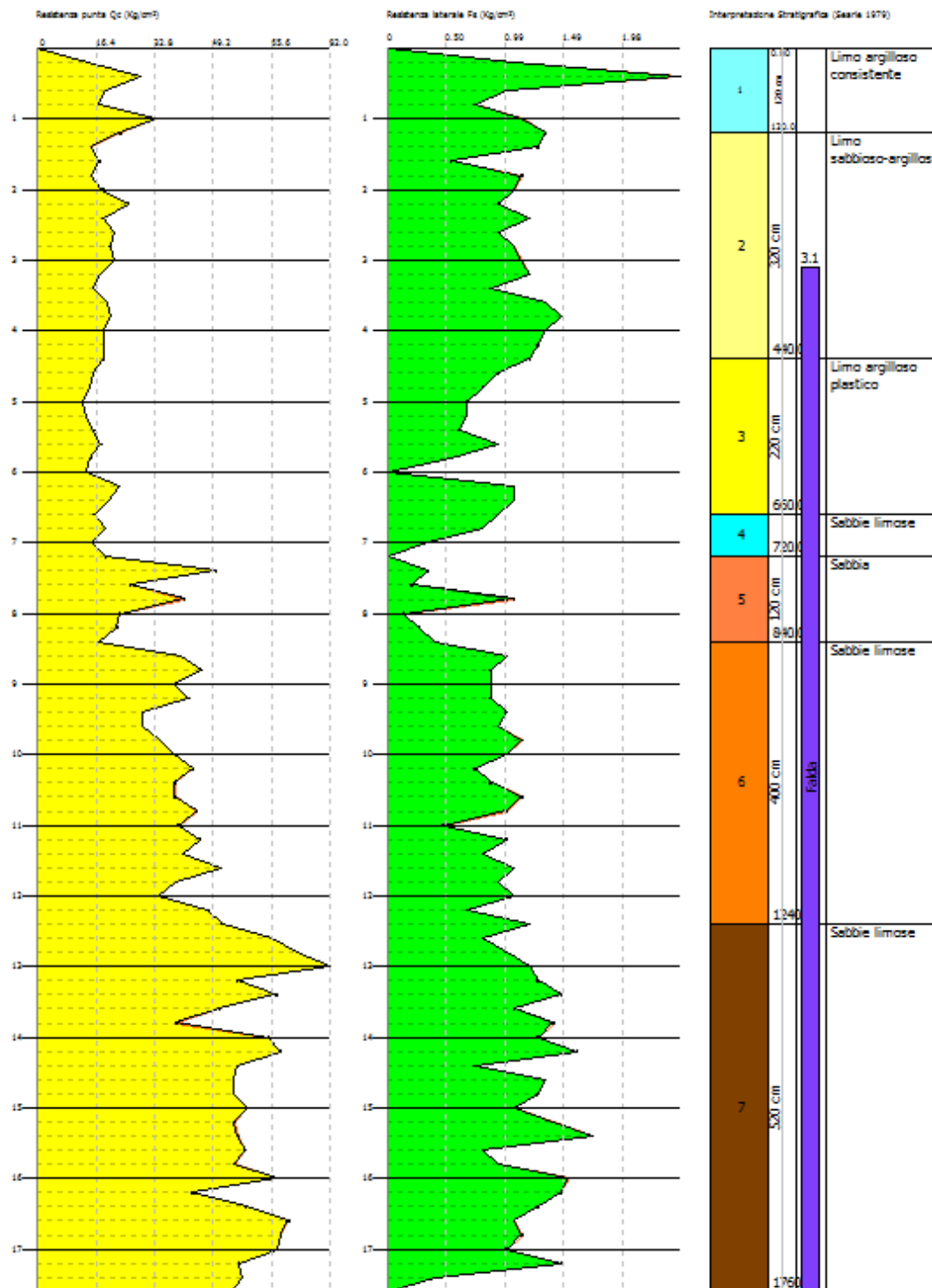
	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Coefficiente di consolidazione e (cm <sup>2</sup> /s)
Strato 1	1.20	22.592	1.289	0.1	0.1	Piacentini-Righi 1988	6.7776E-07
Strato 2	4.40	18.895	1.121	0.5	0.5	Piacentini-Righi 1988	5.6685E-07
Strato 3	6.60	16.192	0.745	1.0	0.8	Piacentini-Righi 1988	3.57633E-04
Strato 4	7.20	17.679	0.333	1.3	0.9	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 5	8.40	29.943	0.4	1.5	1.0	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 6	12.40	40.654	0.93	2.0	1.2	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 7	17.60	59.985	1.141	2.9	1.7	Piacentini-Righi 1988	0

GEOSTRU  
C. COLUCCI  
BOARIO  
WWW.GEOSTRU.COM

Probe CPT - Cone Penetration Nr.1  
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente: TELECOM  
Cantiere: SRB  
Località: SAN GIULIANO TERME

Data: 02/01/2018



**LITHOS**  
STUDIO DI GEOLOGIA

<b>Lithos - Studio Di Geologia</b> <b>C.FISC:</b> <b>CSTLCU70H22G359X</b> <b>P.IVA: 02420660546</b>	<b>Via: Via Colpiccione, 7</b> <b>06065 Passignano sul Trasimeno (PG)</b> - - <b>Tel: -</b> <b>Fax:</b> <b>Email: lithos.studio@libero.it Web:</b>
--	---

**MASW IN ONDE DI RAYLEIGH – SCOPPIO A 2 M**  
**SISMOGRAFO DOREMI SARA 24 CH**  
**GEOFONI VERT. 4.5 HZ**

	<b>Data: GENNAIO 2018</b>
	<b>Il committente TELECOM ITALIA - VODAFONE</b>
	<b>IL Tecnico</b>
<b>Il Progettista</b>	
<b>Indagine geofisica tramite tecnica MASW</b>	

## Easy MASW

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

### Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- **P-Longitudinale:** onda profonda di compressione;
- **S-Trasversale:** onda profonda di taglio;
- **L-Love:** onda di superficie, composta da onde P e S;
- **R-Rayleigh:** onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

### Onde di Rayleigh – “R”

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (P,S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

### Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

### Modellizzazione

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità,

coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times \nu$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

### Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

### Profondità di indagine

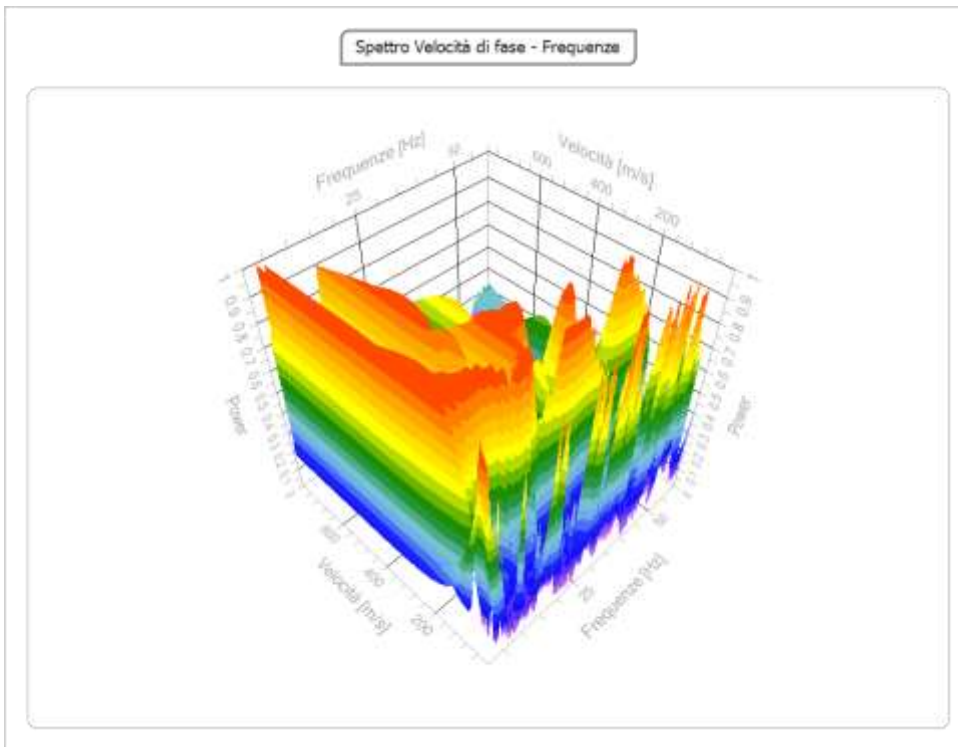
Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

### Tracce

<b>N. tracce</b>	24
<b>Durata acquisizione</b> [msec]	2000.0
<b>Interdistanza geofoni</b> [m]	1.0
<b>Periodo di campionamento</b> [msec]	1.00

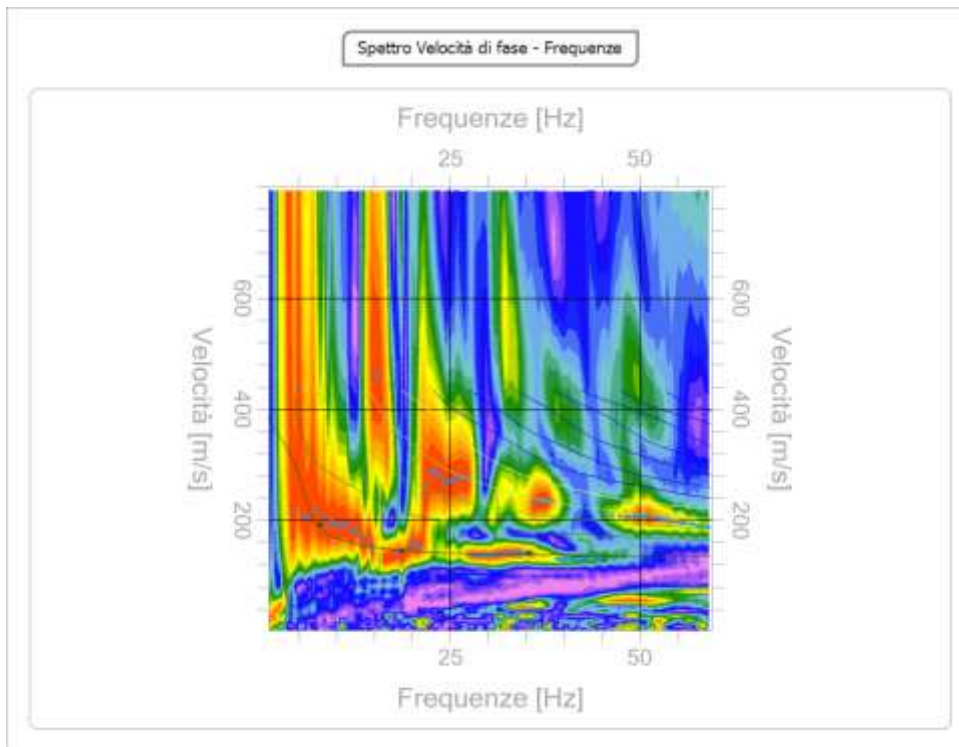
### Analisi spettrale

<b>Frequenza minima di elaborazione [Hz]</b>	1
<b>Frequenza massima di elaborazione [Hz]</b>	60
<b>Velocità minima di elaborazione [m/sec]</b>	1
<b>Velocità massima di elaborazione [m/sec]</b>	800
<b>Intervallo velocità</b> [m/sec]	1



### Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	7.8	191.6	0
2	18.6	145.2	0
3	35.4	140.2	0



### Inversione

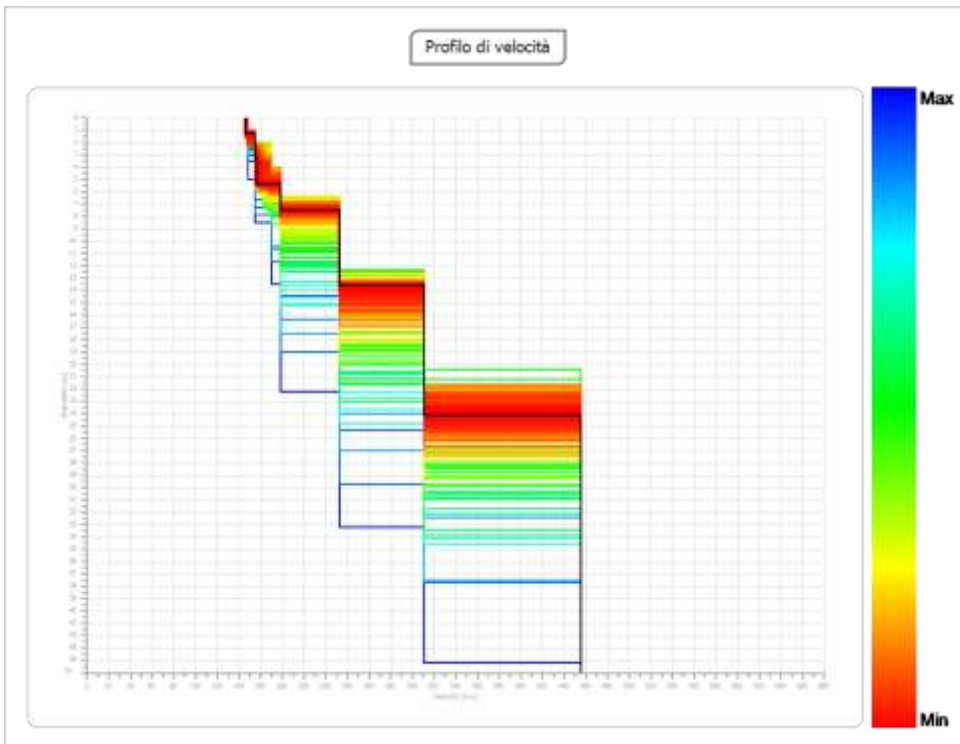
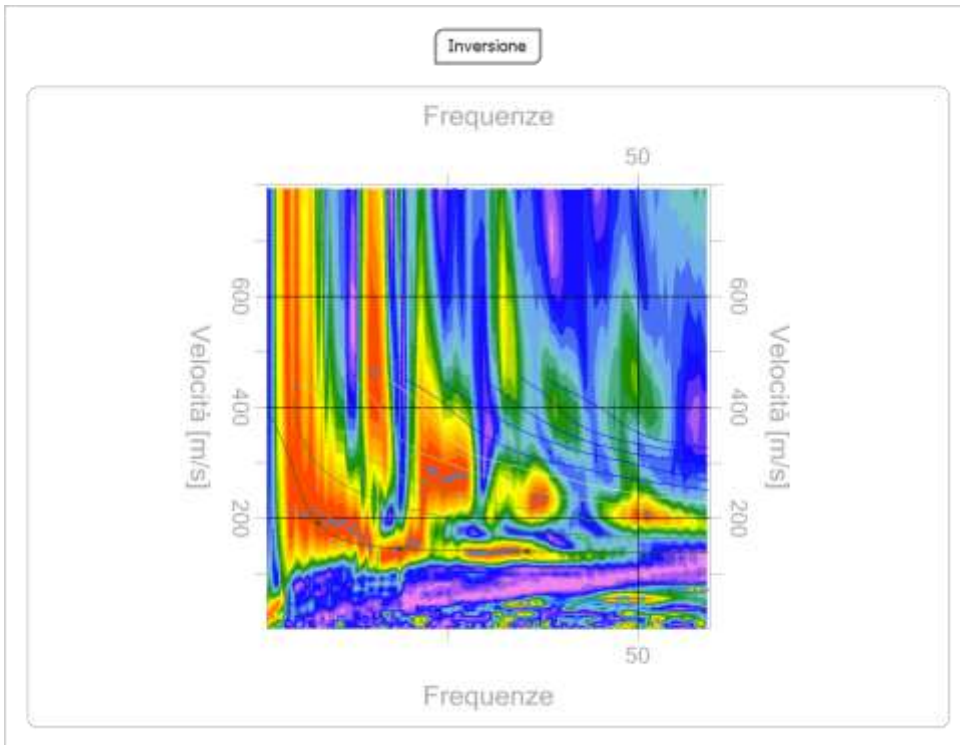
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		1.26	1.26	1800.0	0.3	No	273.4	146.2
2		3.28	2.03	1800.0	0.3	No	290.0	155.0
3		5.33	2.05	1800.0	0.3	Si	292.6	156.4
4		7.49	2.16	1800.0	0.3	Si	333.0	178.0
5		13.60	6.11	1800.0	0.3	Si	435.0	232.5
6		24.12	10.52	1800.0	0.3	Si	581.8	311.0
7		oo	oo	1800.0	0.3	Si	851.2	455.0

Percentuale di errore

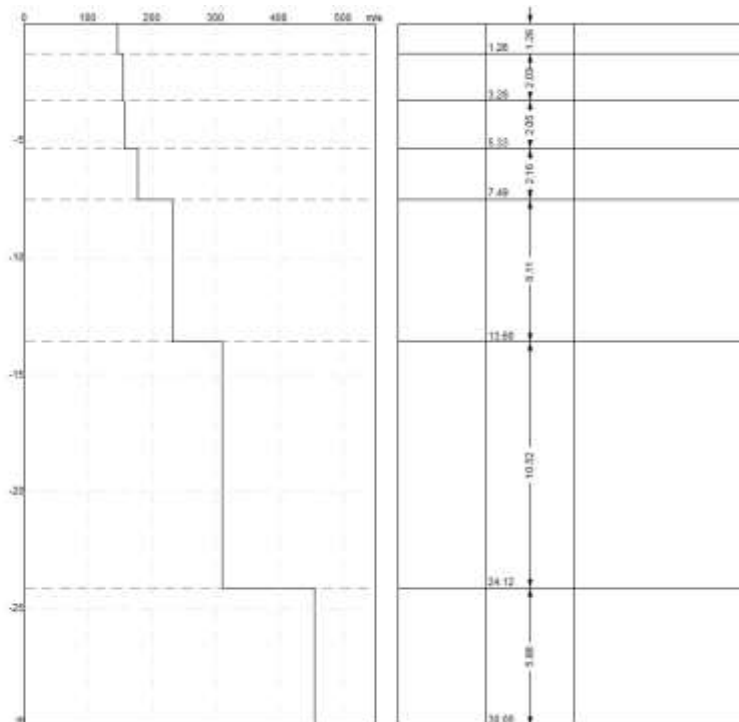
0.000 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.000







## Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs30 [m/sec]	250.14
Categoria del suolo	C

Suolo di tipo C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < NSPT_{,30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < cu_{,30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina).

## Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	1.26	1.26	146.16	273.45	1800.00	0.30	38.45	134.59	83.32	99.98	N/A	157.29
2	3.28	2.03	155.00	289.98	1800.00	0.30	43.25	151.36	93.70	112.44	45	211.26

3	5.33	2.05	156.40	292.59	1800.00	0.30	44.03	154.10	95.40	114.48	23	221.01
4	7.49	2.16	177.99	332.99	1800.00	0.30	57.03	199.59	123.55	148.27	32	423.30
5	13.60	6.11	232.50	434.97	1800.00	0.30	97.30	340.56	210.82	252.99	85	1620.73
6	24.12	10.52	311.00	581.83	1800.00	0.30	174.10	609.34	377.21	452.65	N/A	N/A
7	oo	oo	454.98	851.19	1800.00	0.30	372.61	1304.15	807.33	968.79	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;



**LITHOS**  
STUDIO DI GEOLOGIA

<p><b>Lithos - Studio Di Geologia</b> C.FISC: CSTLCU70H22G359X P.IVA: 02420660546</p>	<p><b>Via: Via Colpiccione, 7</b> <b>06065 Passignano sul Trasimeno (PG)</b> - - <b>Tel: -</b> <b>Fax:</b> <b>Email: lithos.studio@libero.it Web:</b></p>
---	---

**MASW IN ONDE DI RAYLEIGH – SCOPPIO 8 M**  
**SISMOGRAFO DOREMI SARA 24 CH**  
**GEOFONI VERT. 4.5 HZ**

	<p><b>Data: GENNAIO 2018</b></p>
	<p><b>Il committente TELECOM ITALIA - VODAFONE</b></p>
	<p><b>IL Tecnico</b></p>
<p><b>Il Progettista</b></p>	

**Indagine geofisica tramite tecnica MASW**

## Easy MASW

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

### Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- **P-Longitudinale:** onda profonda di compressione;
- **S-Trasversale:** onda profonda di taglio;
- **L-Love:** onda di superficie, composta da onde P e S;
- **R-Rayleigh:** onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

### Onde di Rayleigh – “R”

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (P,S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

### Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

### Modellizzazione

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times v$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

### Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

### Profondità di indagine

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

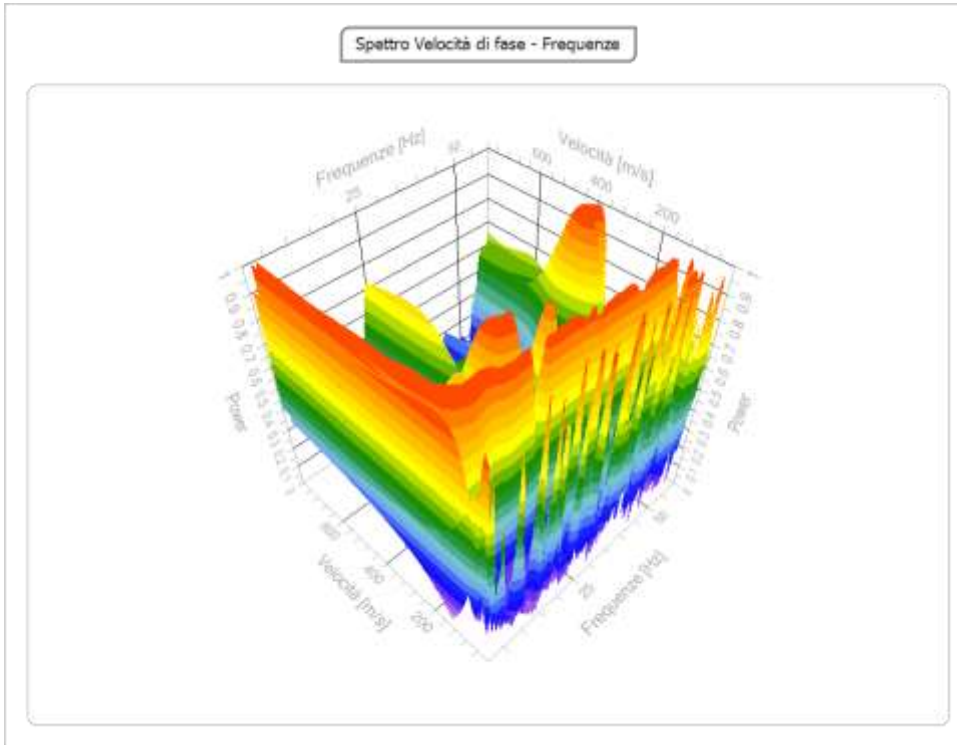
### Tracce

<b>N. tracce</b>	24
<b>Durata acquisizione</b> [msec]	2000.0
<b>Interdistanza geofoni</b> [m]	1.0
<b>Periodo di campionamento</b> [msec]	1.00

### Analisi spettrale

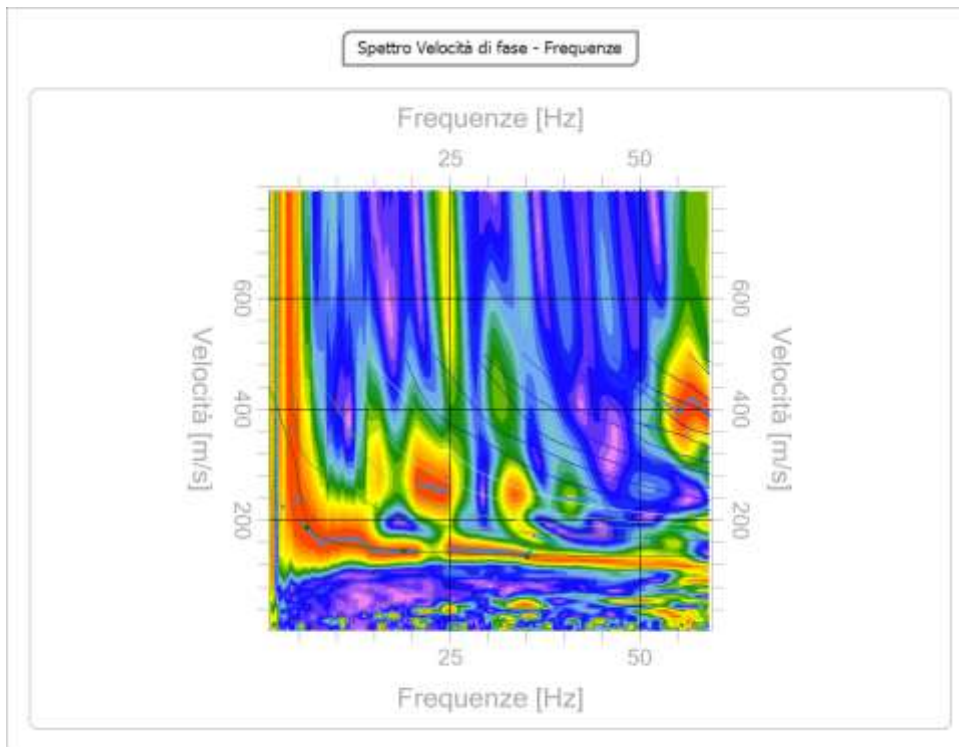
<b>Frequenza minima di elaborazione</b> [Hz]	1
<b>Frequenza massima di elaborazione</b> [Hz]	60
<b>Velocità minima di elaborazione</b> [m/sec]	1
<b>Velocità massima di elaborazione</b> [m/sec]	800

Intervallo velocità | 1  
[m/sec]



### Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	6.1	186.7	0
2	18.9	143.6	0
3	35.2	133.6	0



### Inversione

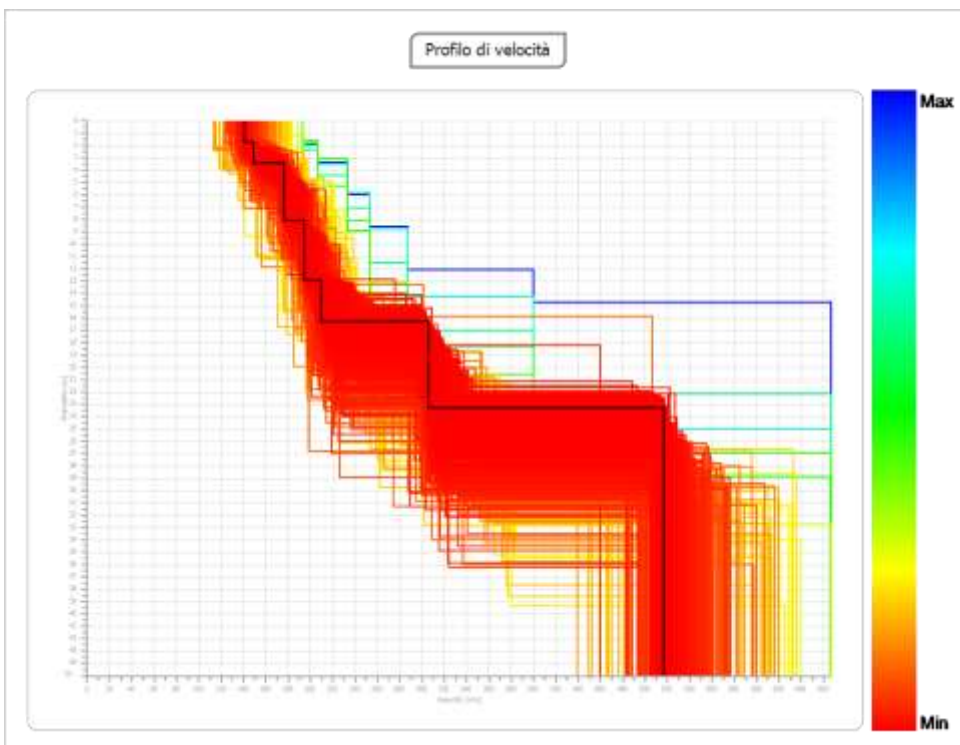
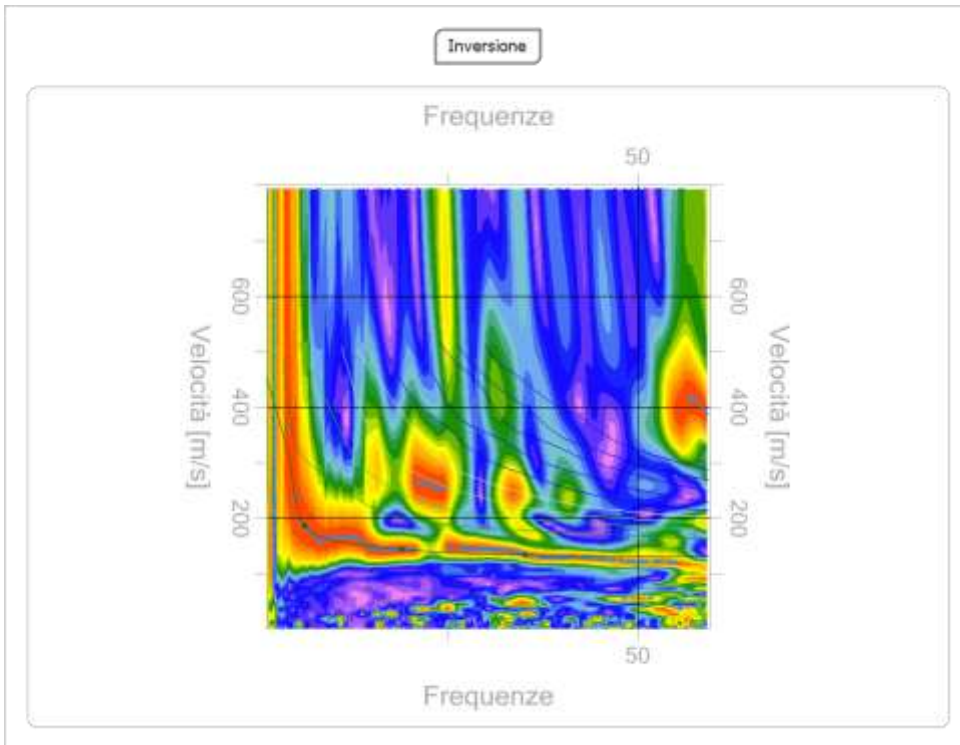
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		1.74	1.74	1800.0	0.3	No	262.9	140.5
2		3.42	1.67	1800.0	0.3	No	278.0	148.6
3		8.09	4.68	1800.0	0.3	Si	329.8	176.3
4		12.92	4.83	1800.0	0.3	Si	363.4	194.3
5		16.26	3.34	1800.0	0.3	Si	392.6	209.9
6		23.26	7.00	1800.0	0.3	Si	571.6	305.6
7		oo	oo	1800.0	0.3	Si	966.5	516.6

Percentuale di errore

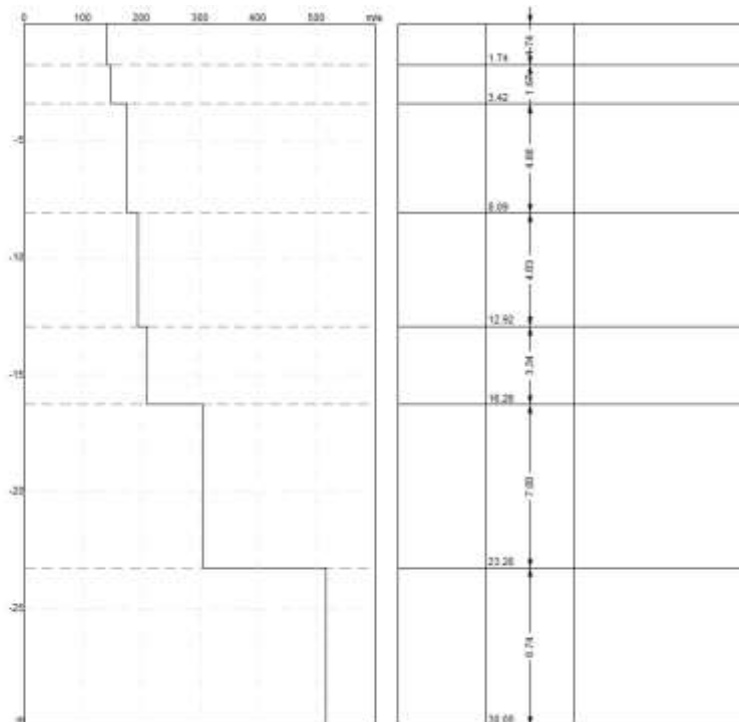
0.000 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.000







## Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs30 [m/sec]	236.38
Categoria del suolo	C

Suolo di tipo C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < NSPT_{30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < cu_{30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina).

## Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	1.74	1.74	140.51	262.87	1800.00	0.30	35.54	124.38	77.00	92.40	75	129.01
2	3.42	1.67	148.62	278.05	1800.00	0.30	39.76	139.16	86.15	103.37	31	171.05

3	8.09	4.68	176.31	329.84	1800.00	0.30	55.95	195.83	121.23	145.47	34	403.56
4	12.92	4.83	194.27	363.45	1800.00	0.30	67.93	237.77	147.19	176.63	30	657.13
5	16.26	3.34	209.85	392.60	1800.00	0.30	79.27	277.44	171.75	206.10	33	968.39
6	23.26	7.00	305.55	571.64	1800.00	0.30	168.05	588.19	364.12	436.94	N/A	N/A
7	oo	oo	516.64	966.54	1800.00	0.30	480.45	1681.57	1040.97	1249.16	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

