

REGIONE MARCHE  
PROVINCIA DI PESARO-URBINO



COMUNE  
Di FANO

PROPRIETA'

**CEFIM S.P.A.**

**PROGETTO DI DEMOLIZIONE E PARZIALE  
AMPLIAMENTO DI FABBRICATI RESIDENZIALI  
E COSTRUZIONE DI FABBRICATI RESIDENZIALI  
IN LOCALITA' PONTE SASSO di FANO**

**RELAZIONE GEOLOGICA**

D.M. 14/01/2008 - CIRC. LL.PP. N° 617/09

Elaborato

UNICO - RELAZIONE



**GEOCON**

STUDIO ASSOCIATO PER  
LA GEOLOGIA E LA SICUREZZA

Geol. Angelo Renzoni  
Geol. Michele Glaschera  
Geol. Walter Borghi

Via Gozzi 10/A 61032 FANO (PU)  
Tel. Fax 0721 861494 862875  
e-mail geocon@fastwebnet.it  
P.IVA 02229960410

Commessa **1123/10**

Data **MAGGIO 2011**

Doc. **01/Rel./All.**



# CEFIM S.P.A.

## PROGETTO DI DEMOLIZIONE E PARZIALE AMPLIAMENTO DI FABBRICATI RESIDENZIALI E COSTRUZIONE DI FABBRICATI RESIDENZIALI IN LOCALITA' PONTE SASSO DI FANO

# RELAZIONE GEOLOGICA

D.M. 14/01/2008 E CIRC. LL.PP. N° 617/09

### SOMMARIO

1	SCOPO E MODALITA' DELL'INDAGINE	Pag. 2
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	Pag. 3
3	GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA E IDROGEOLOGIA	Pag. 4
4	INDAGINI GEOLOGICHE DI CAMPO (PROVE CPT E MASW)	Pag. 5
5	MODELLAZIONE E CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA DEL SOTTOSUOLO	Pag. 14
6	PERICOLOSITA' GEOLOGICA	Pag. 16
	a – Pericolosità Idrogeologica	Pag. 16
	b – Pericolosità sismica a azioni sismiche	Pag. 16
	c – Liquefazione	Pag. 19
7	CONSIDERAZIONI FINALI	Pag. 20

**APPENDICE 1**      CORRELAZIONI PER L'INTERPRETAZIONE DELLE PROVE IN SITO

### ALLEGATI

ALLEGATO 1	STRALCIO CARTA GEOLOGICA
ALLEGATO 2	STRALCIO CARTOGRAFICO PAI
ALLEGATO 3	AEROFOTOGRAMMETRIA
ALLEGATO 4	CARTA PLANOALTIMETRICA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOLOGICHE E TRACCIA DEGLI SCHEMI LITOSTRATIGRAFICI INTERPRETATIVI
ALLEGATO 5	CERTIFICATI E GRAFICI DELLE PROVE PENETROMETRICHE STATICHE (CPT)
ALLEGATO 6	SCHEMI LITOSTRATIGRAFICI INTERPRETATIVI
ALLEGATO 7	INDAGINE SISMICA MASW
ALLEGATO 8	STRALCI PROGETTUALI



## 1 - SCOPO E MODALITA' DELL'INDAGINE

Per conto della ditta **CEFIM S.P.A.** è stata redatta la presente Relazione Geologica al fine di fornire il supporto geologico al "Progetto di demolizione e parziale ampliamento di fabbricati residenziali e costruzione di fabbricati residenziali in località Ponte Sasso di Fano".

L'intervento consiste nella realizzazione di due palazzine aventi un piano interrato unico, con ingombro a forma di rettangolo di dimensioni massime in pianta di 49 X 25 metri, e tre piani fuori terra.

Per la localizzazione dell'area si rimanda agli allegati n° 1, 2, 3 e 4 in calce alla presente Relazione.

Gli stralci di progetto, così come forniti dal Tecnico progettista, sono riportati nell'allegato 8 in calce alla presente relazione.

Lo studio è stato condotto mediante analisi bibliografiche, rilievi geologici di superficie e indagini dirette consistenti in tre prove penetrometriche statiche (CPT) eseguite con penetrometro dinamico Pagani TG 63 (200 KN) e in una prova sismica MASW. Il tutto come dettagliatamente descritto in seguito.

Con riferimento al progetto previsto lo scopo è stato quello di definire:

- le caratteristiche geologiche, geostrutturali e geomorfologiche dell'area;
- le caratteristiche idrogeologiche e idrologiche dell'area;
- lo schema litostratigrafico del sottosuolo e le proprietà fisico-meccaniche dei terreni;
- le condizioni di pericolosità idrogeologica e sismica.

Vengono altresì eseguite alcune valutazioni di orientamento in merito alla categoria di sottosuolo ed al coeff. di amplificazione topografica previsti nel calcolo delle azioni sismiche di progetto di cui alle nuove norme tecniche per le costruzioni in zona sismica (NTC/2008).

Per la localizzazione e l'inquadramento dell'intervento si rimanda alle planimetrie riportate in allegato e più specificatamente:

- Allegato 1 Stralcio carta geologica
- Allegato 2 Stralcio cartografico PAI
- Allegato 3 Aerofotogrammetria
- Allegato 4 Carta planoaltimetrica con ubicazione delle indagini geologiche e traccia schema litostratigrafico interpretativo



## 2 - NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

La normativa specifica di settore è riferibile a:

- Decreto Ministeriale 14/01/2008 (nuove Norme Tecniche per le costruzioni – c.d. NTC/2008) e circ. LL.PP. n° 617 del 2/2/09.

Pertanto, preso atto della tipologia dell'intervento e del quadro normativo vigente, per le finalità dello studio geologico si è quindi fatto specifico riferimento al D.M. 14/01/2008 e alla Circ. LL.PP. n° 617.

Si è altresì tenuto conto delle Norme di Attuazione PAI relative al Piano Stralcio di Bacino per l'assetto idrogeologico dei bacini di rilievo regionale delle Marche approvato con delibera di Consiglio Regionale n° 116 del 21/01/2004.

La documentazione bibliografica consultata è riferibile a:

- PRG Comune di Fano.
- Carta Geologica d'Italia 1:100.000 Foglio 110.
- Cartografia PAI.
- Relazione geologica e geotecnica per la costruzione di un fabbricato residenziale in Fano Loc. Ponte Sasso, Via S.N.A.S n° 441 – Ditta CEFIM SPA (Dott. Geol. Massimo Sergenti – Settembre 2006).



### **3 - GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA E IDROGEOLOGIA**

L'area in esame è sita in località Ponte Sasso di Fano, fra la strada statale n° 16 "Adriatica" e la linea ferroviaria Bologna Ancona, a circa 150 metri dalla linea di costa del mare Adriatico, a quote topografiche di circa 2.50 metri s.l.m..

La morfologia della zona d'intervento si presenta perfettamente pianeggiante, senza soluzione di continuità, essendo assenti depressioni e scarpate.

Date le condizioni geomorfologiche dell'area non sussistono pericoli per quanto concerne la stabilità dei terreni.

Ciò viene confermato anche dalla consultazione del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) e dalle indagini fatte a corredo degli strumenti urbanistici del P.R.G..

Dal punto di vista geologico i terreni oggetto di studio appartengono ai depositi alluvionali, variamente interdigitati con quelli litoranei attuali, messi in posto da reiterate ingressioni marine.

La litologia di questi terreni è costituita, in linea di massima, da sabbie, ghiaie e limi argillosi e sabbiosi variamente intercalati fra loro.

Tali depositi alluvionali poggiano su un substrato geologico impermeabile, di origine marina, depositato durante il Pliocene medio e costituito da argille marnose azzurre, siltose, talora lievemente sabbiose (Carta Geologica d'Italia F° 110); gli spessori, in loco, sono intorno ai 20 metri (dati bibliografici).

All'interno di queste alluvioni sono talora presenti falde idriche sospese poste a vari livelli; la più potente è quella che si rinviene al contatto con il substrato. In corso d'indagine è stato misurato il livello freatico nelle prove penetrometriche eseguite e risulta essere ad una profondità variabile da 1.10 a 1.60 metri p.c.. Tale livello è suscettibile di oscillazioni dovute ai fattori climatici stagionali e, data la vicinanza al mare, anche alle maree ed ai venti di tempesta.

Le acque di precipitazione meteorica, essendo l'area d'interesse urbanizzata, vengono raccolte da cunette e fossi di scolo laterali alle strade.

Per quanto attiene al rischio di esondabilità, in considerazione della distanza e dell'altimetria rispetto ai corsi d'acqua più vicini, si può affermare che non sussiste pericolo alcuno; ciò è confermato anche dalla consultazione degli studi condotti per la redazione del P.R.G. e dalla consultazione del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI).

Dal punto di vista tettonico, facendo riferimento al F° 110 della Carta Geologica d'Italia, si rileva che non esistono faglie del substrato in corrispondenza del sito in oggetto.



## 4 - INDAGINI GEOLOGICHE DI CAMPO (PROVE CPT E MASW)

Per le finalità dello studio sono state eseguite le seguenti indagini di campo:

- n° 3 prove penetrometriche statiche CPT
- n° 1 prova sismica MASW

Le indagini di cui sopra integrano quelle già eseguite su parte dell'area e consistenti in n° 2 prove CPT a corredo della Relazione geologica e geotecnica per la costruzione di un fabbricato residenziale in Fano Loc. Ponte Sasso, Via S.N.A.S n° 441 – Ditta CEFIM SPA (Dott. Geol. Massimo Sergenti – Settembre 2006) già richiamata al cap. 2.

### 4a - Prove Penetrometriche Statiche CPT

Le tre prove penetrometriche statiche CPT (Cone Penetration Test) sono state eseguite utilizzando un penetrometro Pagani TG 63-200 KN con punta meccanica *Begeman*; le prove sono state effettuate nell'area di intervento per opera della ditta *Geoland* il 27/04/2011; sono state spinte a partire dalla quota del piano campagna attuale fino alla profondità massima di 5.20 metri p.c. circa laddove si sono registrati i valori di rifiuto all'avanzamento statico della punta. Le principali caratteristiche tecniche del penetrometro utilizzato, così come fornite dalla ditta esecutrice, sono di seguito riassunte:

• Rif. Norme	ASTM D3441-86
• Diametro Punta conica meccanica (mm)	35,7
• Angolo di apertura punta (°)	60
• Area punta	10
• Superficie manicotto	150
• Passo letture (cm)	20
• Costante di trasformazione Ct	10

Le prove penetrometriche statiche, attraverso la misura della resistenza all'avanzamento della punta ( $Q_c$ ) e della resistenza specifica laterale ( $F_s$ ) consentono di dedurre le caratteristiche indicative dei terreni attraversati facendo uso delle correnti correlazioni reperibili dalla bibliografia scientifica, quali, ad esempio quelle proposte nella appendice 1.

In particolare, per il riconoscimento litologico dei terreni si è fatto riferimento alle correlazioni di *Searle* (1979) basate sul rapporto  $Q_c/F_s$  proposte in forma semplificata nella seguente tabella:



RAPPORTO Qc/Fs e LITOLOGIA ASSOCIATA (SEARLE 1979)								
< 8.5	8.5-23	23-32	32-45	45-60	60-85	85-120	120-160	160-450
Torba Argilla Torbosa	Argilla Limo Argilloso	Limo Argilloso Sabbioso	Sabbia Argilloso Limoso	Sabbia Limoso	Sabbia	Sabbia Ghiaiosa	Ghiaia Sabbiosa	Ghiaia
T AT	A LAL	LAS	SAL	SL	S	SG	GS	G

Per un confronto si è altresì tenuto conto delle *Raccomandazioni AGI 1977* dalle quali la litologia associata al rapporto Qc/Fs è proposta nella tabella sottostante:

RAPPORTO Qc/Fs e LITOLOGIA ASSOCIATA (RACC. AGI 1977)			
≤ 15	15 - 30	30 - 60	> 60
Torba e Argilla Organica	Limo e Argilla	Limo Sabbioso Sabbia Limoso	Sabbia e sabbia con ghiaia
T AO	L A	LS SL	S SG

Le prove sono indicate con le sigle CPT1/CPT2/CPT3 sulla planimetria di ubicazione delle indagini (All. 4) unitamente alle 2 prove CPT già eseguite nel 2006 su parte dell'area come richiamato in precedenza.

Nelle figure che seguono si riportano:

#### INDAGINI 2011

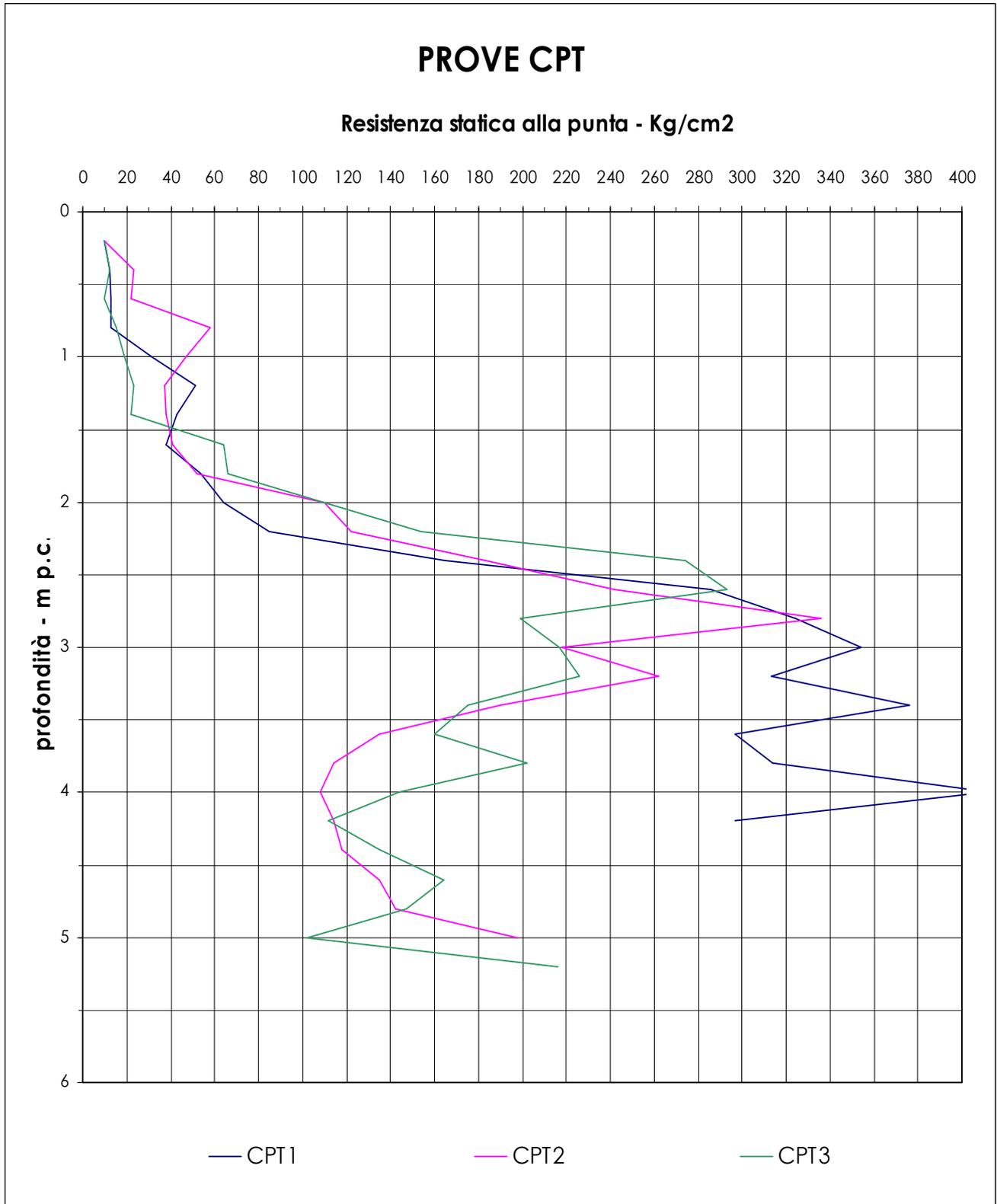
- Fig. 4A) l'andamento comparato dei profili CPT della resistenza statica alla punta;
- Fig. 4B1/4B2/4B3/4B4) l'andamento comparato del rapporto Qc/Fs e la litologia associata sulla base delle correlazioni di Searle (1979);
- Fig. 4C) l'andamento comparato del rapporto Qc/Fs e la litologia associata sulla base delle correlazioni *Raccomandazioni AGI (1977)*.

#### INDAGINI 2006

- Fig. 4D) Indagini Bibliografiche 2006 - andamento comparato del rapporto Qc/Fs e la litologia associata sulla base delle correlazioni di Searle (1977).

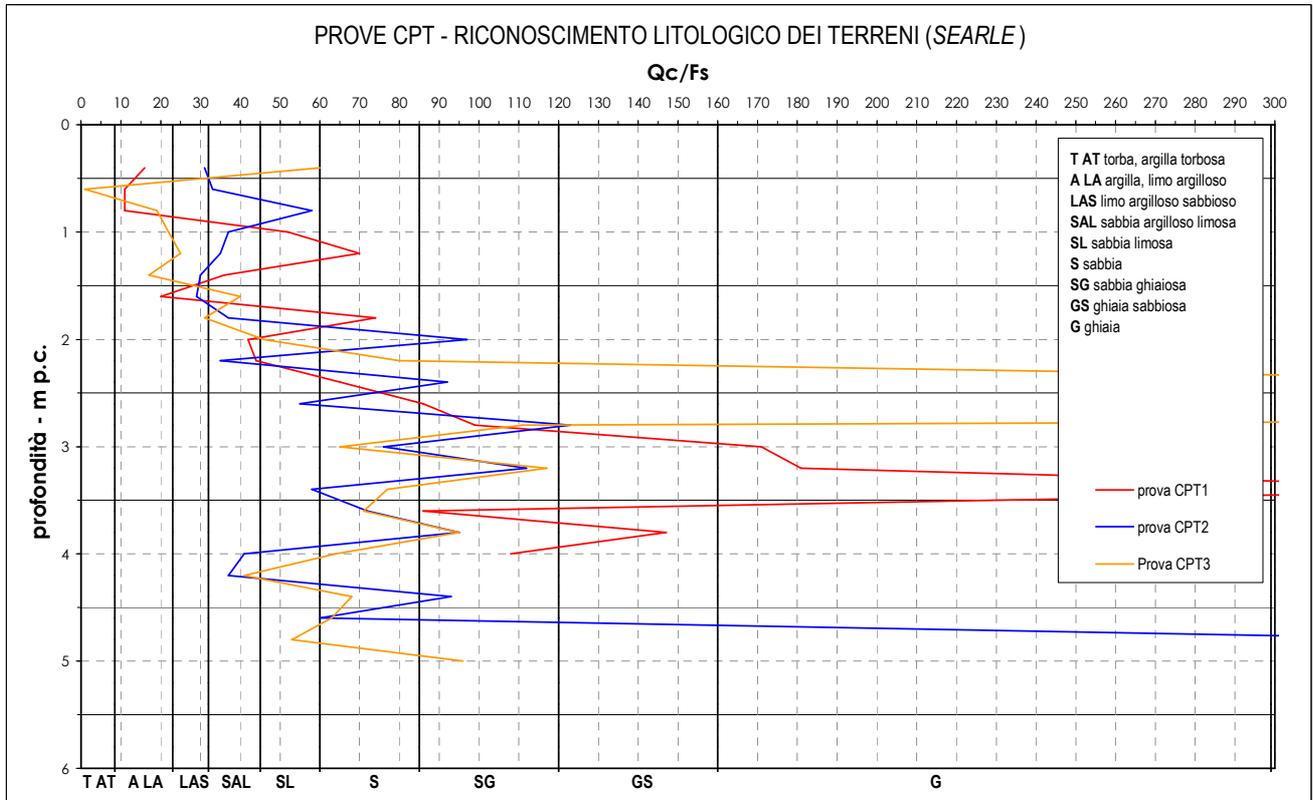


**Fig. 4A - Andamento della resistenza statica alla punta**

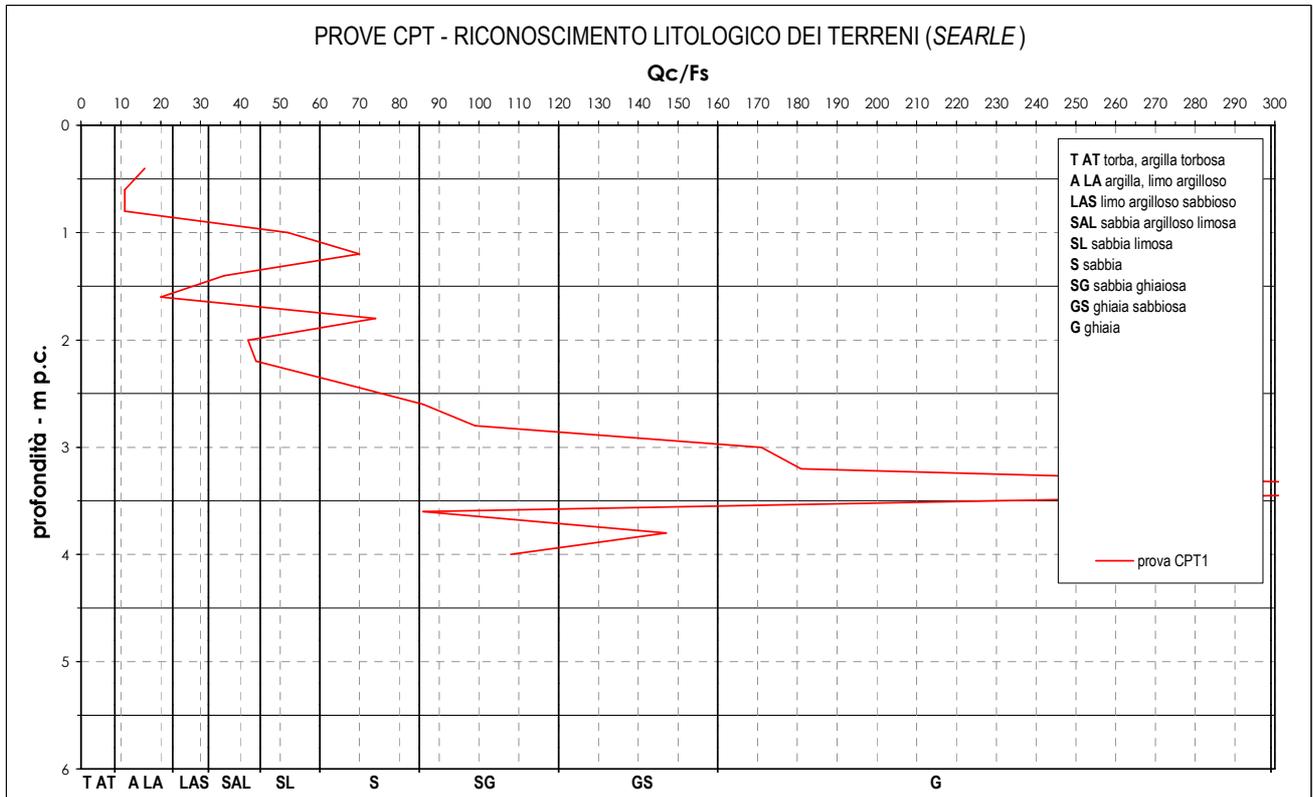




**Fig. 4B1) Andamento comparato del rapporto Qc/fs e litologia associata (Searle 1979)**

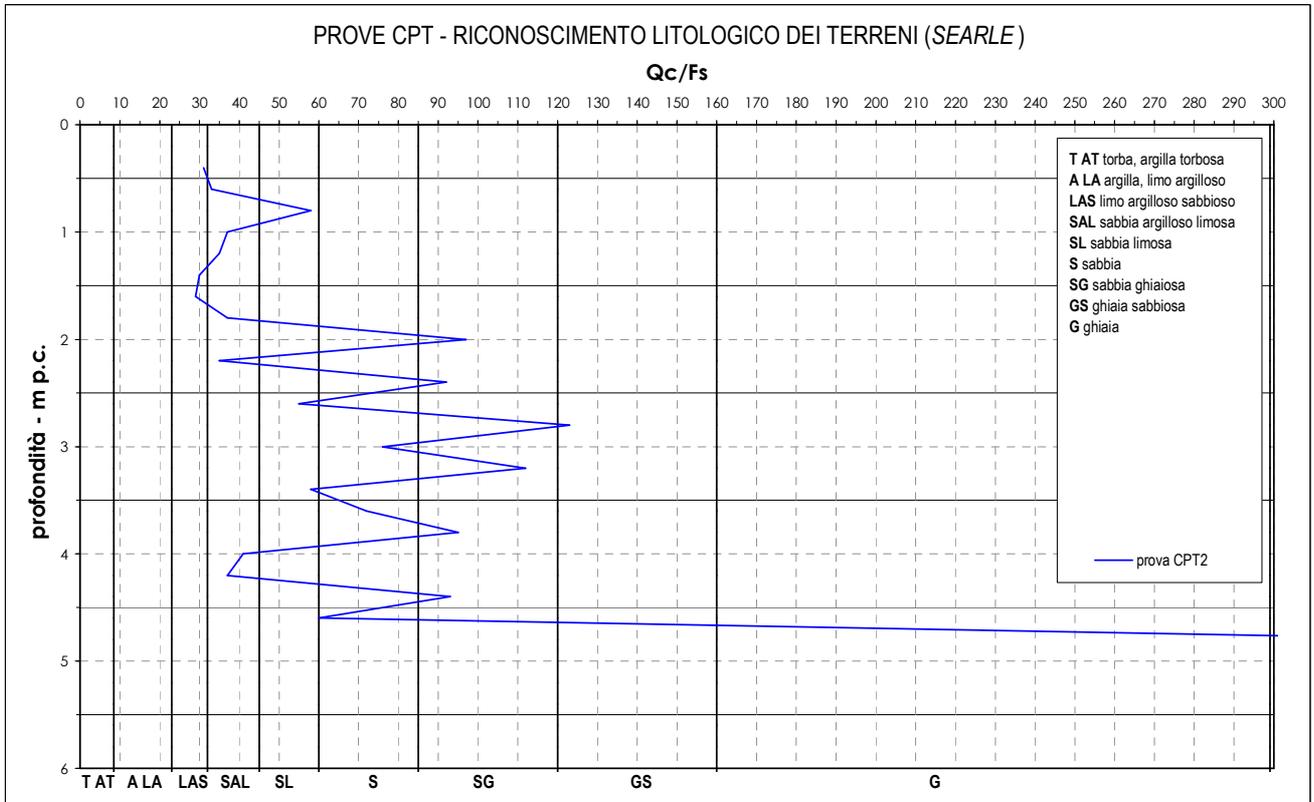


**Fig. 4B2) Prova CPT1 - rapporto Qc/fs e litologia associata (Searle 1979)**

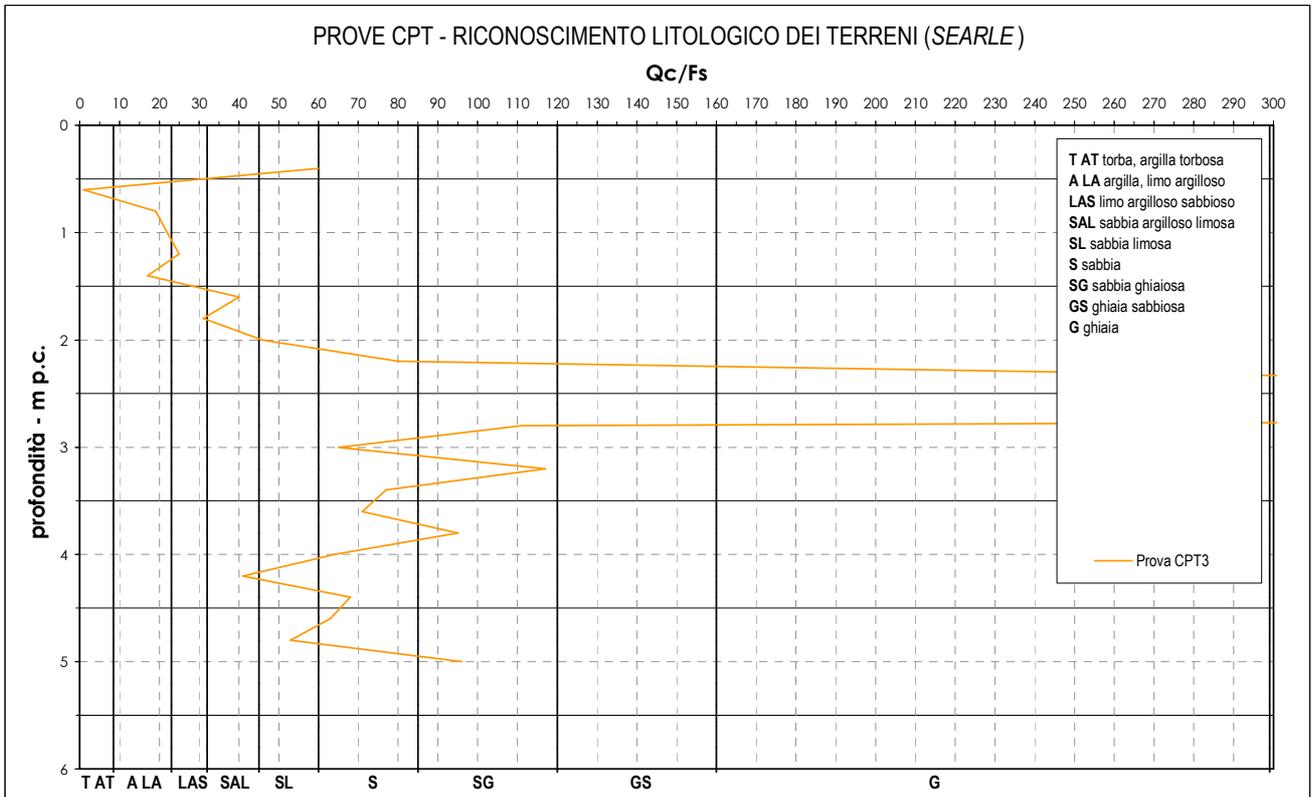




**Fig. 4B3) Prova CPT2 - rapporto Qc/fs e litologia associata (Searle 1979)**

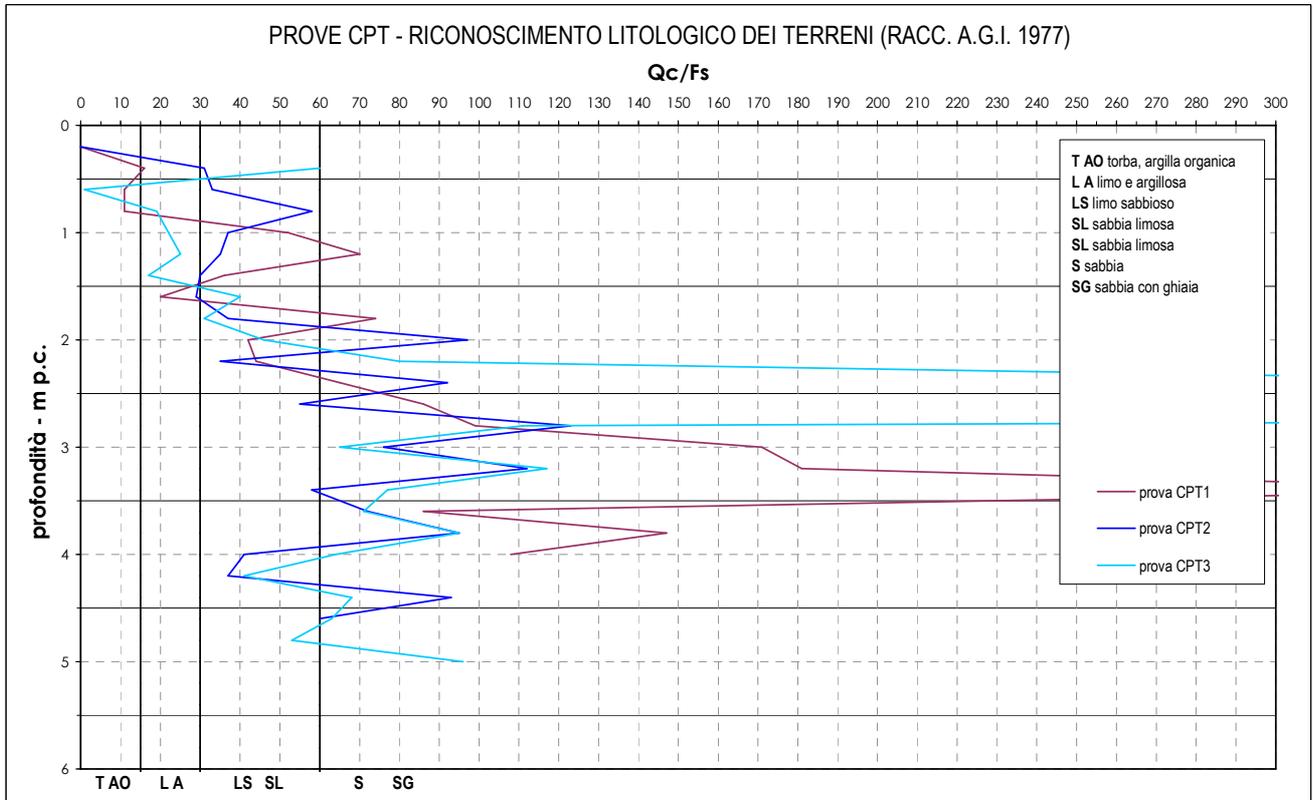


**Fig. 4B4) Prova CPT3 - rapporto Qc/fs e litologia associata (Searle 1979)**

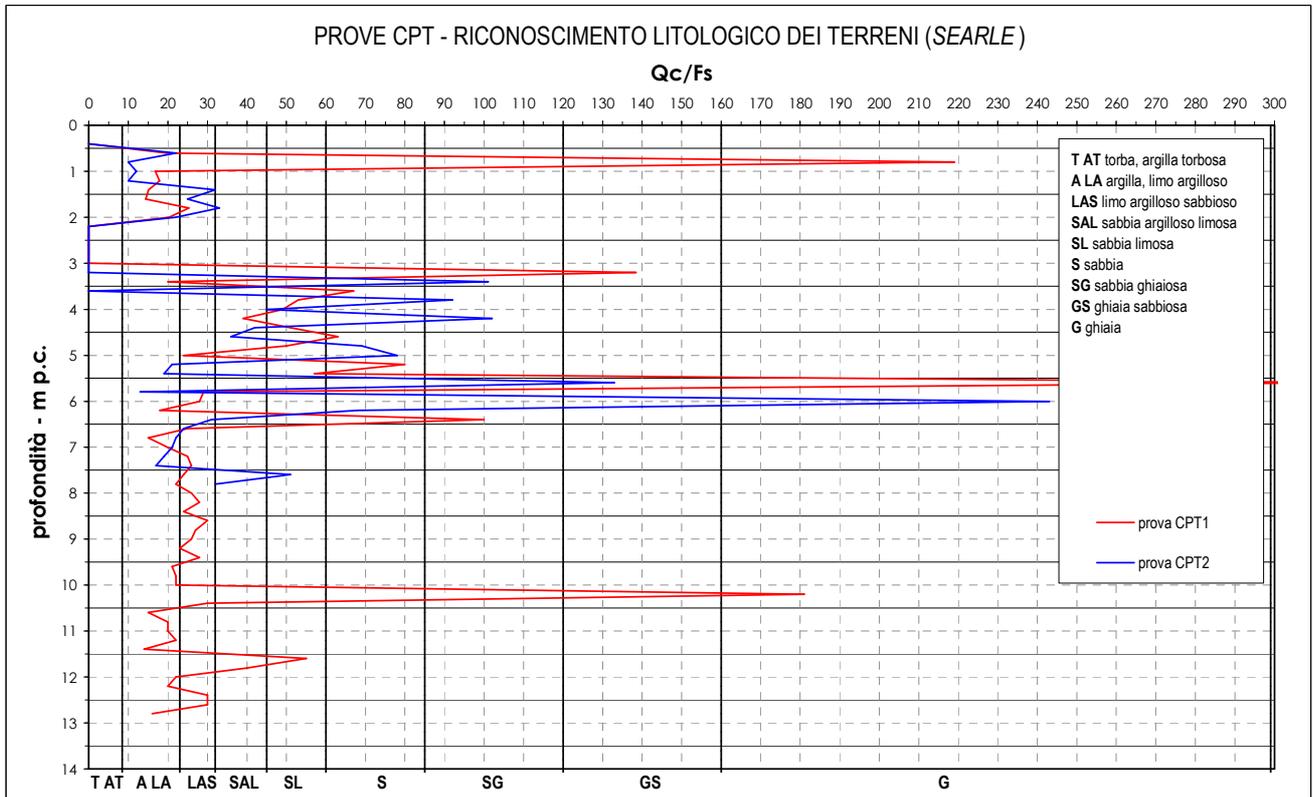




**Fig. 4C) Andamento comparato del rapporto Qc/fs e litologia associata (Racc AGI 77)**



**Fig. 4D) Indagini bibliografiche 2006 - Rapporto Qc/fs e litologia associata (Searle 1979)**





Gli esiti delle prove riscontrano una soddisfacente correlazione fra le indagini 2011 e le indagini 2006; i terreni che si susseguono nel sottosuolo sono riferibili al deposito alluvionale con argille, limi, sabbie e ghiaie variamente intercalate, talora con struttura lenticolare; si riconoscono:

- uno strato più superficiale (al di sotto del terreno vegetale di 0.60 m di spessore) argilloso-sabbioso e limoso da sciolto a mediamente addensato fino a circa 2.0 m p.c.
- uno strato sabbioso-ghiaioso addensato e molto addensato fino a circa 5.0-6.5 m p.c.
- una successione di limi argilloso-sabbiosi, da mediamente addensati a sciolti fino a circa 13.0 m p.c.

**I terreni investigati sono altresì attraversati da una falda idrica superficiale con quota piezometrica rilevata il 27/04/2011 a profondità variabile da m 1.10 (CPT 3) a m 1.60 (CPT 2).**

## **4b - PROVA SISMICA MASW**

Per le finalità previste dalla nuova normativa sismica (NTC/2008) e fornire indicazioni relative alla risposta sismica locale oltre alla classificazione del sottosuolo è stata eseguita una prova sismica MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) con stendimento ubicato come da planimetria allegata; la metodologia di prova consente di ricavare la velocità delle onde di Taglio Vs mediante la misura della velocità di propagazione delle onde superficiali di *Rayleigh* in corrispondenza di geofoni posti sulla superficie del terreno lungo uno stendimento. Il metodo utilizzato è quello *attivo* ovvero con misura delle onde generate in un punto della superficie del suolo. E' stato utilizzato uno stendimento lineare di 46 m utilizzando 24 geofoni a 4.5 Hz equidistanti 2.00 m.

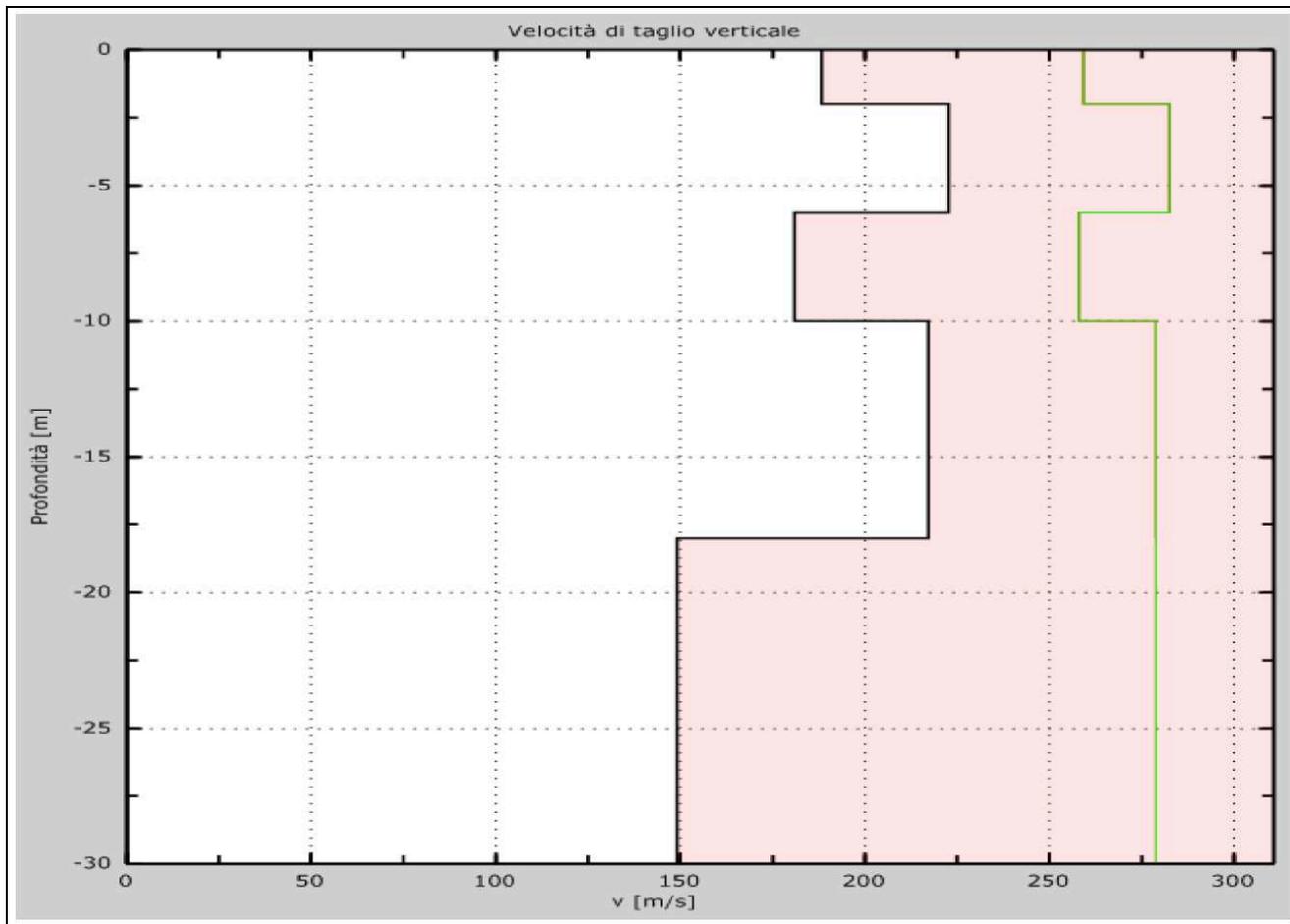
La prova è stata eseguita il 27/04/2011; nelle figure che seguono si riporta l'ubicazione e il profilo di velocità delle Vs fino a 30 m di profondità; l'elaborato completo è riprodotto nell'allegato 7.



**Fig. 4E - Ubicazione Prova sismica MASW**



**Fig. 4F - Prova MASW ( Profilo della velocità delle onde sismiche di taglio Vs)**



L'andamento delle onde sismiche di taglio Vs in profondità, associato alle diverse litologie riscontrate nel lotto, consente le seguenti considerazioni:

- i terreni del sottosuolo dell'area di indagine sono caratterizzati da un profilo di velocità delle onde sismiche di taglio piuttosto dispersivo e mediamente compreso fra  $V_s = 250 - 300$  m/sec;
- nell'ambito del profilo delle Vs si osservano inversioni di velocità e contrasti di impedenza particolarmente evidenti fino a 10 m p.c. circa; tali contrasti sono associabili a possibili fenomeni amplificativi delle onde sismiche;
- il valore  $V_{S30}$  della velocità equivalente delle onde di taglio dal p.c. fino a 30 m di profondità è risultato pari a **274 m/sec**; il valore è tale da associare il terreno alla **categoria di suolo "C"** per le applicazioni previste dalle NTC/2008 (di cui si dirà in seguito).



## 5 - MODELLAZIONE E CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA DEL SOTTOSUOLO

Per le finalità dello studio, sulla base dei risultati delle prove CPT il sottosuolo dell'area di sedime dell'intervento previsto può essere schematizzato mediante l'assunzione di un modello geologico costituito da 4 unità litostratigrafiche con falda freatica alla quota variabile da m 1.10 a m 1.60:

- UNITA' 1 TERRENO VEGETALE
- UNITA' 2 LIMI SABBIOSI, LIMI ARGILLOSI, DA SCIOLTI A MEDIAMENTE ADDENSATI
- UNITA' 3 SABBIE, SABBIE-GHIAIOSE E GHIAIE ADDENSATE E MOLTO ADDENSATE
- UNITA' 4 LIMI ARGILLOSO-SABBIOSI DA SCIOLTI A MEDIAMENTE ADDENSATI

Il modello è stato ricostruito sulla base dei risultati delle prove CPT/2011 e CPT/2006 con l'ausilio delle correlazioni tratte dalla bibliografia corrente (appendice 1).

Alle unità litostratigrafiche sono stati associati parametri fisico-meccanici mediamente indicativi stimati dalle correlazioni di cui alla appendice 1; in particolare, nel caso specifico, si è fatto riferimento ai seguenti autori:

- **(1)** Correlazioni di *Mitchell-Gardner (1975)* utilizzate per la stima del modulo di deformazione dei terreni sabbiosi e del modulo edometrico dei terreni argillosi ( $E_d$ ) attraverso la relazione  $E_d = B \times Q_c$  dove  $B$  rappresenta un coefficiente correttivo associato alle diverse tipologie di terreno.
- **(2)** Correlazione di *De Beer (1965-1967)* per la stima dell'angolo di resistenza al taglio efficace dei terreni incoerenti ( $\Phi'$ ) attraverso la seguente relazione valida per sabbie NC:  $\Phi' = 5.9 + 4.76 \times \ln (Q_c/P'_{vo})$  dove  $P'_{vo}$  rappresenta la pressione litostatica efficace.

Per ulteriori valutazioni si rimanda ai "report" completi delle prove CPT esposti in allegato.

### **Unità 1 TERRENO VEGETALE** **Prof. da p.c. a - 0.60 m p.c.**

Costituisce lo strato più superficiale vegetale e/o agrario senza alcuna rilevanza.

### **Unità 2 LIMI SABBIOSI, LIMI ARGILLOSI (sciolti e mediamente addensati)** **Prof. da 0.60 m p.c. a - 1.80/2.20 m p.c.**

Si rinvengono fino a circa 1.80-2.20 m p.c.; sono caratterizzati da valori della resistenza statica alla punta piuttosto dispersivi ( $Q_c = 10-50 \text{ Kg/cm}^2$ ) e associabili a terreni sciolti (plastici laddove si riscontra la componente argillosa) e mediamente addensati; a tale unità si possono preliminarmente attribuire i seguenti parametri fisico-meccanici mediamente indicativi:



•	Peso di volume naturale	Yn	1.800-1.900	t/m <sup>2</sup>	
•	Angolo di resistenza al taglio efficace	Φ'	22	gradi	(3)
•	Modulo di Deformazione	E	300	t/m <sup>2</sup>	(1)

(1) E = BxQc con B = 3.0

**Unità 3    SABBIE, SABBIE GHIAIOSE E GHIAIE (addensate e molto addensate))**  
**Prof. 1.80/2.20 – 4.20/6.50 m p.c.**

Si tratta di sedimenti addensati e molto addensati con valori della resistenza statica Qc = 100-400 Kg/cm<sup>2</sup>; sono omogeneamente presenti in tutte le verticali di prova 2011 fino alla profondità di rifiuto di 4.20 m (CPT1) 5.00 m (CPT2) 5.20 m (CPT3) e fino alla profondità di 6.50 m p.c. nelle verticali di prova 2006; a tale unità si possono preliminarmente attribuire i seguenti parametri fisico-meccanici mediamente indicativi:

•	Peso di volume naturale	Yn	1.900-2.000	t/m <sup>2</sup>	
•	Angolo di resistenza al taglio efficace	Φ'	31-35	gradi	(3)
•	Modulo di Deformazione	E	1500-3000	t/m <sup>2</sup>	(1)

(1) E = BxQc con B = 1.5 e Qc = 100-200 Kg/cm<sup>2</sup>

**Unità 4    LIMI ARGILLOSO-SABBIOSI (sciolti e mediamente addensati)**  
**Prof. da 6.50 a 8.00 m (CPT2/2006) e 13.0 m p.c. (CPT1/2006)**

Tali sedimenti sono caratterizzati da valori della resistenza statica alla punta dell'ordine di Qc = 15-40 Kg/cm<sup>2</sup> e associabili a terreni complessivamente mediamente addensati riscontrabili nella porzione di strato di tetto e sciolti riscontrabili in profondità (CPT1 da – 10.0 a – 13.0 m p.c) a tale unità si possono preliminarmente attribuire i seguenti parametri fisico-meccanici mediamente indicativi:

•	Peso di volume naturale	Yn	1.900	t/m <sup>2</sup>	
•	Angolo di resistenza al taglio efficace	Φ'	20-24	gradi	(3)
•	Modulo di Deformazione	E	450-800	t/m <sup>2</sup>	(1)

(1) E = BxQc con B = 2.0/3.0

Lo schema con la rappresentazione del modello geologico suddetto è riprodotto in allegato 6 e nelle sezioni litostratigrafiche A-A' e B-B'.

Il modello è stato ricostruito sulla base dei dati di indagine puntuali derivanti da prove penetrometriche CPT e pertanto deve essere verificato in fase esecutiva dei lavori, come anche richiamato nelle conclusioni.



## 6 - PERICOLOSITA' GEOLOGICA

### a - Pericolosità Idrogeologica

A riguardo della pericolosità idrogeologica connessa ai rischi da frana e da esondazione si fa rilevare che l'area di studio è caratterizzata da condizioni geomorfologiche tali da non risultarne esposta; essa infatti è pianeggiante e al di fuori di ambiti di esondazione.

L'area di sedime dei manufatti previsti in progetto non è quindi attualmente interessata da fenomeni di dissesto idrogeologico.

Ciò è confermato anche dalla cartografia del Piano Stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico della Regione Marche (PAI) riportata in allegato 2 e dagli studi condotti a corredo del P.R.G..

### b - Pericolosità sismica e azioni sismiche

L'area è caratterizzata da condizioni morfostratigrafiche locali per effetto delle quali è ragionevole attendersi fenomeni di amplificazione delle onde sismiche ( $F_a > 1.0$ ); il sito ricade infatti all'interno di una zona di fondovalle alluvionale con presenza di terreni incoerenti; presenta quindi un certo grado di esposizione ai fenomeni di amplificazione dinamica delle onde sismiche.

#### Azioni Sismiche di cui al D.M. 14/01/2008

Per le applicazioni previste dalla nuova normativa sismica riferibile al D.M. 14/01/2008 risulta quanto segue:

#### Zona Sismica

il territorio nazionale è stato suddiviso in quattro zone (fig. 5) ciascuna delle quali contrassegnata da un diverso valore di accelerazione sismica massima orizzontale ( $a_g$ ) riferita a suolo rigido con valori di velocità delle onde di taglio  $V_{s30} \geq 800$  m/sec.

Fig. 5

Zona Sismica	$a_g$
1	0.35
2	0.25
3	0.15
4	0.05



l'area di studio ricade in Zona Sismica 2 con valori convenzionali  $a_g = 0.25$ .

### Categoria di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto la norma definisce sette categorie di sottosuolo (fig. 6) in base ai valori di velocità equivalente  $V_{s30}$  di propagazione delle onde di taglio entro una profondità di 30 m.

Fig. 6

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da $V_{s30} > 800$ m/sec eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione di spessore massimo di 3.0 m
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti con spessori $> 30$ m caratterizzati da un graduale miglioramento delle caratteristiche meccaniche con la profondità e valori di $V_{s30}$ compresi fra 360-800 m/sec ovvero:  Nspt30 $>50$ per terreni a grana grossa Cu30 $>250$ KPa nei terreni a grana fine
C	Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con spessori $> 30$ m caratterizzati da un graduale miglioramento delle caratteristiche meccaniche con la profondità e valori di $V_{s30}$ compresi fra 180-360 m/sec ovvero:  Nspt30 compreso fra 15-50 per terreni a grana grossa Cu30 compreso fra 70-250 KPa nei terreni a grana fine
D	Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti con spessori $> 30$ m caratterizzati da un graduale miglioramento delle caratteristiche meccaniche con la profondità e valori di $V_{s30} < 180$ m/sec ovvero:  Nspt30 $<15$ per terreni a grana grossa Cu30 $<70$ KPa nei terreni a grana fine
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m posti sul substrato di riferimento con valori di $V_{s30} > 800$ m/sec ovvero:  Nspt30 $<15$ per terreni a grana grossa Cu30 $<70$ KPa nei terreni a grana fine
S1	Depositati di terreni caratterizzati da valori di $V_{s30}$ inferiori a 100 m/sec, che includono uno strato di almeno 8 m di terreno a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche ovvero:  Cu30 compreso fra 10-20 KPa nei terreni a grana fine
S2	Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti

Le categorie S1 e S2 sono categorie aggiuntive rispetto a quelle principali A/B/C/D/E; per tali categorie è necessario predisporre specifiche analisi per la determinazione delle azioni sismiche.



Il calcolo della velocità equivalente  $V_{s30}$  deriva dalla applicazione della seguente relazione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove  $h_i$  spessore dello strato i-esimo  
 $V_i$  velocità dell'onda di taglio i-esima  
 $N$  numero di strati

Dalla applicazione del metodo previsto dalla Norma NTC/2008 risulta che il valore  $V_{s30}$  è fortemente influenzato dagli strati meno rigidi presenti nei 30 m di sottosuolo; il calcolo di  $N_{spt30}$  e di  $Cu_{30}$  deriva dalla applicazione della formula suesposta avendo cura di sostituire  $V_i$  con i valori  $N_{spt}$  o  $Cu$ .

Nel caso specifico, per la definizione indicativa della categoria di sottosuolo ci si è riferiti:

- al valore  $V_{s30}$  direttamente calcolato con le prove sismiche MASW;
- alla profondità di 30 m a partire dal p.c. attuale.

IL valore equivalente della velocità delle onde di taglio  $V_{s30}$  ricavato dalle prove sismiche MASW sull'area di fondovalle è risultato:

$$\mathbf{V_{s30} = 274 \text{ m/sec}}$$

Si può pertanto preliminarmente stimare che l'area rientri nella seguente categoria di sottosuolo:

Categoria di sottosuolo	$V_{s30}$ (NTC/2008)
C	180-360 m/sec

### Coefficiente di amplificazione topografica

Il coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$  assume i valori di seguito riportati in funzione della morfologia e dell'ubicazione dell'intervento (fig. 7):



Fig. 7

<b>Categoria topografica</b>	<b>Caratteristiche topografiche</b>	<b>Ubicazione opera</b>	<b>S<sub>T</sub></b>
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$	-	1.0
T2	Pendii con inclinazione media $> 15^\circ$	In corrispondenza della sommità del pendio	1.2
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.2
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.4

Trattandosi di un intervento che ricade in area pianeggiante il coefficiente di amplificazione topografica sarà  $S_T = 1.00$ .

## **c - Liquefazione**

Il fenomeno della liquefazione sismica durante i terremoti interessa in genere i terreni finemente sabbiosi e/o sabbioso limosi, sostanzialmente sciolti, a granulometria uniforme e saturi; in tali terreni le sollecitazioni indotte dal sisma possono determinare un aumento delle pressioni interstiziali fino ad eguagliare la pressione di confinamento, annullare la resistenza al taglio efficace e determinare, di conseguenza, una condizione di stato fluido.

La probabilità che un terreno raggiunga tale condizione dipende pertanto da diversi fattori fra i quali: il grado di addensamento, la granulometria, la profondità della falda, la magnitudo dell'evento sismico.

Dalle osservazioni in zone colpite da liquefazione si deduce che generalmente il fenomeno interessa aree caratterizzate da terremoti con magnitudo superiore o uguale a 5.0, con falda prossima al p.c. e spessori di terreno fino a circa 15 metri di profondità.

Nel caso specifico si ritiene che i terreni alluvionali, costituenti i primi 20 metri del sottosuolo, caratterizzati da ghiaie e sabbie da sciolte a mediamente addensate intercalate da lenti di limi argillosi e sabbiosi, non risultino fra quelli suscettibili al fenomeno della liquefazione.



## 7 - CONSIDERAZIONI FINALI

L'intervento consiste nella realizzazione di due palazzine aventi un piano interrato unico, con ingombro a forma di rettangolo di dimensioni massime in pianta di 49 X 25 metri, e tre piani fuori terra.

I risultati dello studio hanno evidenziato che il sito non presenta problematiche tali da condizionare negativamente la fattibilità geologica dell'intervento: si tratta infatti di un'opera che comporta moderati incrementi di carico e che sarà realizzata all'interno di un'area che non risulta interessata da condizioni di pericolosità idrogeologica.

Anche in un intorno significativo non sono stati rilevati fenomeni di dissesto in atto o potenziale che possano coinvolgere direttamente o indirettamente la zona oggetto di indagine, come risulta anche dalla consultazione della documentazione di cui agli studi condotti per il Piano Regolatore e degli elaborati del PAI.

**Preso atto del modello geologico del sottosuolo, si ritiene che le fondazioni dei manufatti, poste alla profondità di m 3.50 circa dal p.c. attuale, siano ad idonea profondità. Si ritiene inoltre che le stesse, interessando le sabbie, sabbie ghiaiose e ghiaie addensate e molto addensate, siano immorsate in terreni a buone caratteristiche geomeccaniche.**

**I terreni investigati sono altresì attraversati da una falda idrica superficiale con quota piezometrica rilevata il 27/04/2011 a profondità variabile da m 1.10 (CPT 3) a m 1.60 (CPT 2).**

**Tale livello è suscettibile di oscillazioni dovute ai fattori climatici stagionali e, data la vicinanza al mare, anche alle maree ed ai venti di tempesta.**

**Il livello della falda freatica e le sue oscillazioni interferiscono pertanto con gli scavi di fondazioni del piano interrato (fino a m – 3.50 dal p.c.).**

**Sarà quindi necessario tenere ciò in debita considerazione sia nella progettazione della struttura fondale che nella sua esecuzione. Inoltre rivestirà particolare importanza l'impermeabilizzazione della parte di manufatto interessata dalla falda freatica e dalle sue oscillazioni.**

Per i calcoli della capacità portante dei terreni, per i cedimenti e per le azioni sismiche si dovrà fare riferimento ai parametri da noi stimati e riportati nei capitoli 5 e 6.

A riguardo della stabilità connessa ai fronti di scavo nei confronti di opere e/o manufatti adiacenti, si formulano le seguenti considerazioni:

- per le opere e/o manufatti ricadenti all'interno del cuneo di spinta del terreno a tergo delle pareti di sbanco e comunque ubicati entro 5.00 metri dal perimetro di sbanco si raccomanda di valutare l'eventuale necessità di prevedere opere



provvisori preventive allo sbanco stesso al fine di garantire adeguate condizioni di sicurezza.

In ordine alle modalità esecutive dello sbanco in assenza di manufatti in adiacenza o limitrofi, si raccomanda di adottare le normali precauzioni connesse alla esecuzione di sbancamenti avendo cura:

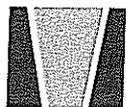
- di evitare sovraccarichi a ridosso del perimetro di sbanco;
- di evitare fronti di sbanco verticali;
- di prevedere adeguate opere di regimazione delle acque meteoriche al fine di evitare il deflusso idrico dall'esterno in direzione dello sbanco; contestualmente si suggerisce di proteggere con teli impermeabili le pareti di sbanco.

Si richiama l'attenzione sulla necessità inderogabile di mantenere in efficienza la rete di drenaggio delle acque meteoriche; in particolare le acque meteoriche (sia quelle cadenti sull'area che quelle provenienti dall'esterno) andranno correttamente raccolte e regimate convogliandole correttamente nella rete di scolo/drenaggio esistente.

In fase esecutiva si resta a disposizione per fornire assistenza per quanto di competenza in ordine agli interventi previsti al fine di:

- verificare, anche attraverso osservazioni e misure in corso d'opera, la validità delle ipotesi assunte;
- adeguare, eventualmente, le opere alle situazioni effettivamente riscontrate;
- valutare soluzioni d'intervento opportune per garantire adeguate condizioni di sicurezza e stabilità.

Fano, Maggio 2011



**GEOCON**  
STUDIO ASSOCIATO PER LA  
GEOLOGIA E LA SICUREZZA

Commessa 1123/10  
**CEFIM S.P.A.**

**RELAZIONE GEOLOGICA**  
D.M. 14/01/2008 – CIRC. LL.PP. 617/09

# APPENDICE 1

## CORRELAZIONI PER L'INTERPRETAZIONE DELLE PROVE IN SITO



## DEFINIZIONI

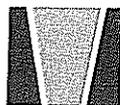
N <sub>SPT</sub>	numero colpi / 30 cm della prova penetrometrica SPT
Q <sub>c</sub>	resistenza statica alla punta della prova penetrometrica statica CPT
F <sub>s</sub>	resistenza specifica laterale della prova penetrometrica statica CPT
P <sub>vo</sub>	pressione litostatica totale
P'vo	pressione litostatica efficace

## INTERPRETAZIONE LITOLOGICA

Racc. AGI 1977	Q <sub>c</sub> /F <sub>s</sub> ≤ 15	Torba e Argilla Organica
	Q <sub>c</sub> /F <sub>s</sub> = 15/30	Limi e Argille
	Q <sub>c</sub> /F <sub>s</sub> = 30/60	Limi Sabbiosi / Sabbie Limose
	Q <sub>c</sub> /F <sub>s</sub> > 60	Sabbie e Sabbie con Ghiaia
Searle 1979	Q <sub>c</sub> /F <sub>s</sub> ≤ 6.0	Torba
	Q <sub>c</sub> /F <sub>s</sub> = 6.0/8.5	Argilla Torbosa
	Q <sub>c</sub> /F <sub>s</sub> = 8.5/12.0	Argilla
	Q <sub>c</sub> /F <sub>s</sub> = 12.0/16.0	Argilla Limosa
	Q <sub>c</sub> /F <sub>s</sub> = 16.0/23.0	Limo Argilloso
	Q <sub>c</sub> /F <sub>s</sub> = 23.0/32.0	Limo Argilloso Sabbioso
	Q <sub>c</sub> /F <sub>s</sub> = 32.0/45.0	Sabbia Argilloso Limosa
	Q <sub>c</sub> /F <sub>s</sub> = 45.0/60.0	Sabbia Limosa
	Q <sub>c</sub> /F <sub>s</sub> = 60.0/85.0	Sabbia
	Q <sub>c</sub> /F <sub>s</sub> = 85.0/120.0	Sabbia Ghiaiosa
Q <sub>c</sub> /F <sub>s</sub> = 120/160	Ghiaia Sabbiosa	
Q <sub>c</sub> /F <sub>s</sub> = 160/450	Ghiaia	

## RAPPORTO Q<sub>c</sub>/N<sub>SPT</sub>

Robertson et Al. 1983	Q <sub>c</sub> /N <sub>spt</sub> = 1-2	per Argille e Argille Limose
	Q <sub>c</sub> /N <sub>spt</sub> = 2-3	per Limi argillosi, Limi sabbiosi
	Q <sub>c</sub> /N <sub>spt</sub> = 3-4	per Sabbie limose
	Q <sub>c</sub> /N <sub>spt</sub> = 4-5	per Sabbie fini e medio fini
	Q <sub>c</sub> /N <sub>spt</sub> = 5-8	per Sabbie medie e grossolane

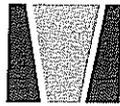


**COESIONE NON DRENATA ( $C_u$ ) DELLE TERRE COESIVE**

Racc. AGI 1977	$C_u = Q_c / A$ $A = 15-25$	
Mayne - Kemper 1988	$C_u = Q_c - P_{vo} / A$ $A = 20$ $A = 15$	per punta meccanica per punta elettrica
Levadoux & Baligh 1980	$C_u = Q_c - P_{vo} / A$ $A = 14$ $A = 17 \pm 5$ $A = 10-30$	per argille tenere per argille sovraconsolidate per argille fessurate
Stroud 1974	$C_u = F N_{SPT}$ $F = 3.5-6.5 \text{ KPa}$	(valore medio 4.4)
Terzaghi-Peck	$C_u = 0.067 N_{SPT}$	(Kg/cm <sup>2</sup> ) per argille di media plasticità
Shioi-Fukui 1982	$C_u = F N_{SPT}$ $F = 0.025$ $F = 0.05$	(Kg/cm <sup>2</sup> ) per argille di media plasticità per argille di alta plasticità

**MODULO EDOMETRICO (E) DELLE TERRE COESIVE**

Mitchell-Gardner 1975	$E = B \times Q_c$	
	$B = 1-2.5$	per Argille CL con $Q_c > 2 \text{ MPa}$
	$B = 2-5$	per Argille CL con $Q_c = 0.7-2 \text{ MPa}$
	$B = 3-8$	per Argille CL con $Q_c < 0.7 \text{ MPa}$
	$B = 2-6$	per Argille e limi CH con $Q_c < 2 \text{ MPa}$
	$B = 1-3$	per Limi ML con $Q_c < 2 \text{ MPa}$
	$B = 3-6$	per Limi ML con $Q_c > 2 \text{ MPa}$
Mayne et Al. 1980	$E = 8.25 \times (Q_c - P_{vo})$	
Stroud - Butler 1975	$E = F N_{SPT}$	(Kg/cm <sup>2</sup> )
	$F = 5$	per argille di media plasticità
	$F = 6$	per argille di bassa plasticità



**ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO EFFICACE ( $\Phi'$ )**

Peck-Hanson-Thorburn, 74	$\Phi' < 25^\circ$ $\Phi' = 25-30^\circ$ $\Phi' = 30-36^\circ$ $\Phi' = 36-41^\circ$ $\Phi' > 41^\circ$	per $N_{spt} < 4$ (sabbia molto sciolta) per $N_{spt} 4-10$ (sabbia sciolta) per $N_{spt} 10-30$ (sabbia media) per $N_{spt} 30-50$ (sabbia densa) per $N_{spt} > 50$ (sabbia molto densa)
Schmertmann 1977	$\Phi' = 28+0.14 D_r$ $\Phi' = 34+0.10 D_r$ $\Phi' = 38+0.08 D_r$	per sabbie fini uniformi per sabbie medie e grossolane per sabbie e ghiaie, ghiaietto
Road Bridge Specification	$\Phi' = (15 \times N_{SPT})^{0.5} + 15$	
Peck 1953	$\Phi' = 0.3 \times N_{SPT} + 20$	per sabbie N.C.
Sowers 1961	$\Phi' = 28 + 0.28 N_{SPT}$	Per sabbie prof. ott. < 4.0 m (sopra falda) prof. ott. < 7.0 m (sotto falda)
Owasaki & Iwasaki	$\Phi' = (20 \times N_{SPT})^{0.5} + 15$	Per sabbie medie, grossolane Ghiaiose
De Beer (1965/1967)	$\Phi' = 5.9 + 4.76 \times \ln(Q_c/P'_{vo})$	
Searle 1979	Correlazione grafica	

**MODULO DI DEFORMAZIONE (E) DELLE TERRE INCOERENTI**

Trofimenkov 1974	$E = B \times Q_c$	$B = 3.5$ (per sabbie)
Mitchell-Gardner 1975	$E = B \times Q_c$	$B = 1.5-3.0$ (per sabbie)
Farrent 1963	$E = 7.1 N_{SPT}$	per sabbie (Kg/cm <sup>2</sup> )
Menzebach & Malcev	$E = C \times N_{SPT} + 38$	$C = 3.54$ (sabbie fini) $C = 4.46$ (sabbie medie) $C = 10.46$ (sabbie e ghiaie) $C = 11.84$ (sabbia ghiaiosa)



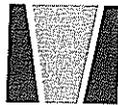
**DENSITA' RELATIVA (Dr)**

Terzaghi-Peck 1948  
Gibbs-Holtz 1957

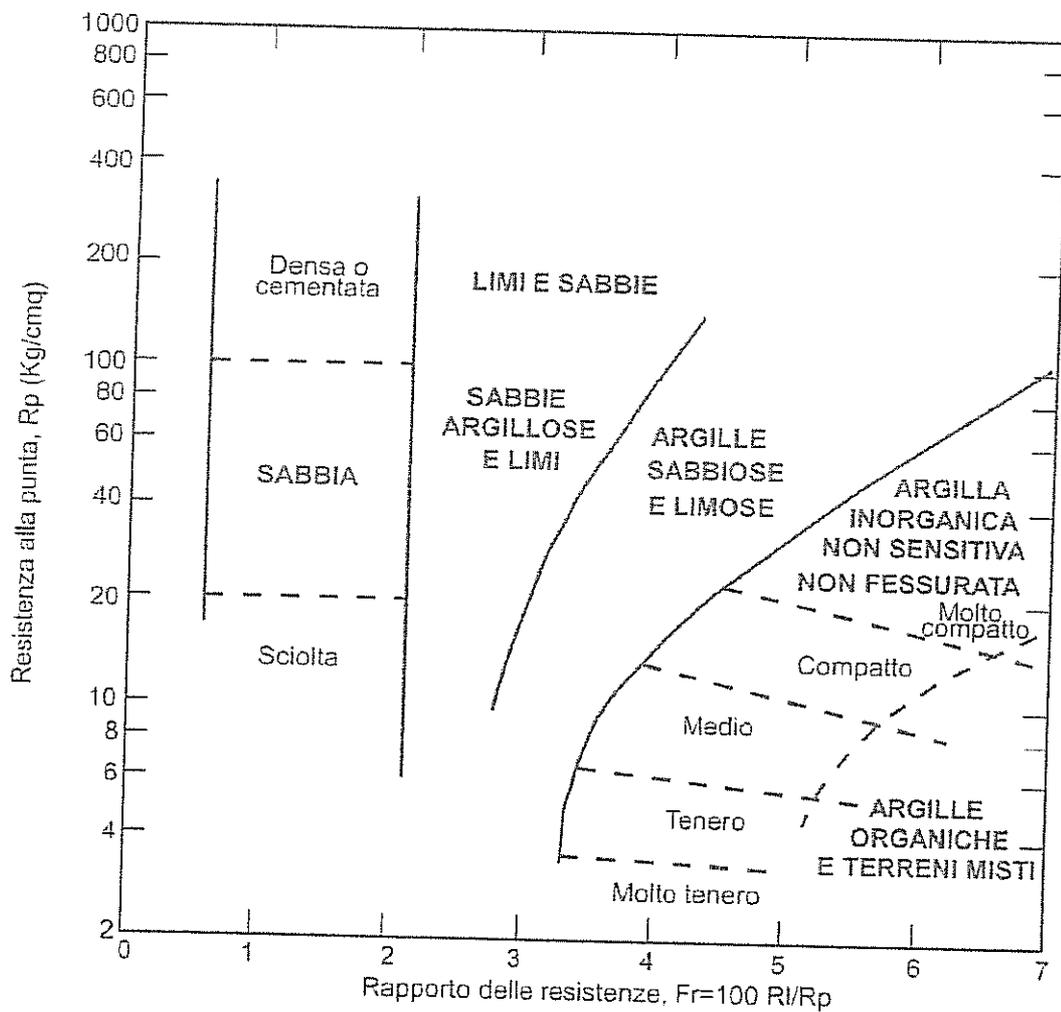
Dr = 0-15% Sabbia molto sciolta	(N <sub>SPT</sub> 0-4)
Dr = 15-35% Sabbia sciolta	(N <sub>SPT</sub> 4-10)
Dr = 35-65% Sabbia media	(N <sub>SPT</sub> 10-30)
Dr = 65-85% Sabbia densa	(N <sub>SPT</sub> 30-50)
Dr = 85-100% Sabbia molto densa	(N <sub>SPT</sub> > 50)

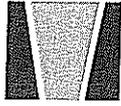
Harman

Dr =  $34.36 \times \ln \left( \frac{Q_c}{12.3 \times P'_{vo}{}^{0.7}} \right)$  per sabbie

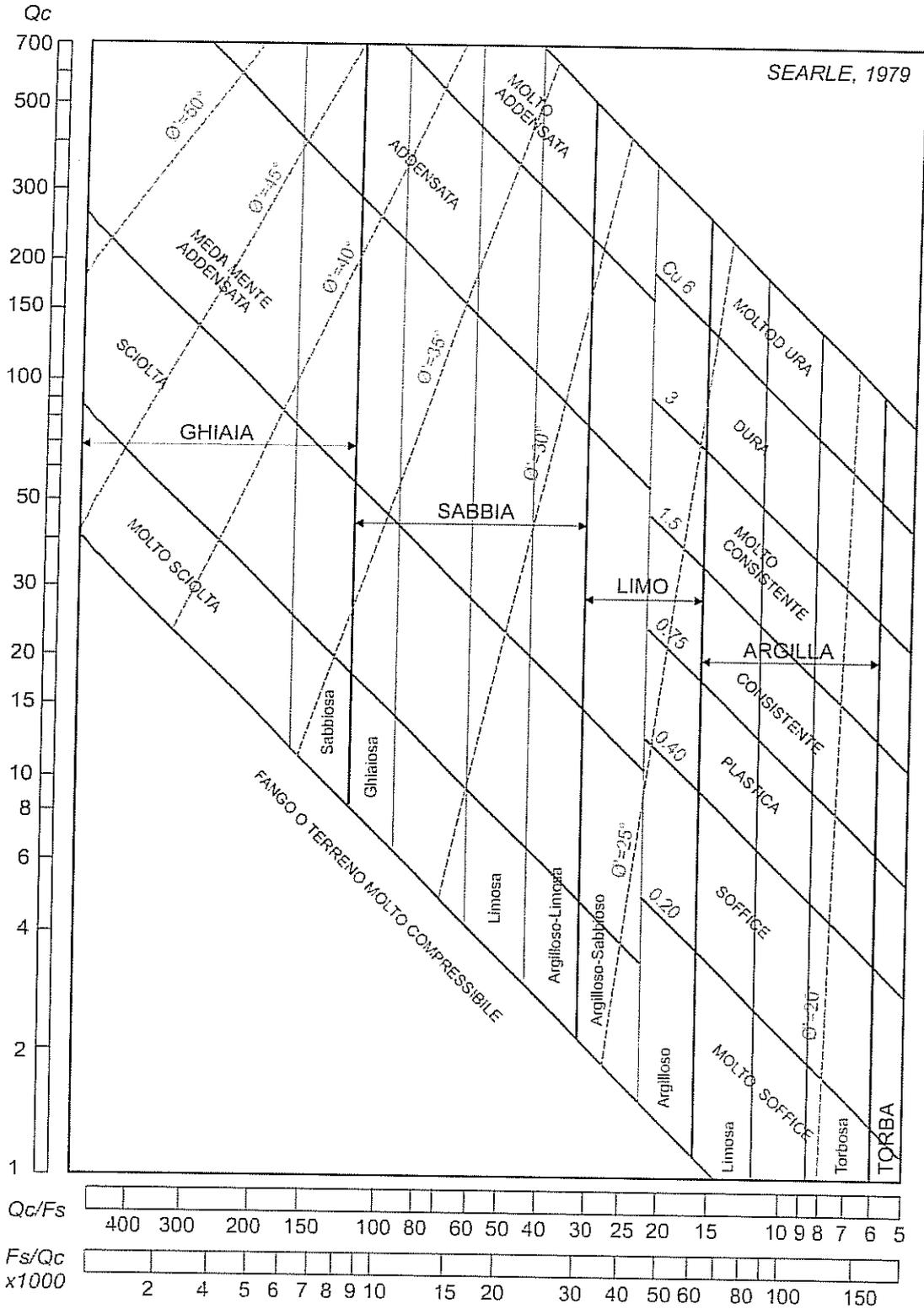


**GRAFICO DI SCHMERTMANN (1978) PER L'IDENTIFICAZIONE LITOLOGICA DA PROVE CPT**





**CORRELAZIONE GRAFICA DI SEARLE (1979) PER PROVE CPT**





**GEOCON**  
STUDIO ASSOCIATO PER LA  
GEOLOGIA E LA SICUREZZA

Commessa 1123/10  
**CEFIM S.P.A.**

**RELAZIONE GEOLOGICA**  
D.M. 14/01/2008 - CIRC. LL.PP. 617/08

# ALLEGATI



**GEOCON**  
STUDIO ASSOCIATO PER LA  
GEOLOGIA E LA SICUREZZA

Commessa 1123/10  
**CEFIM S.P.A.**

**RELAZIONE GEOLOGICA**  
D.M. 14/01/2008 - CIRC. LL.PP. 617/09

ALLEGATO 1  
**STRALCIO CARTA GEOLOGICA**



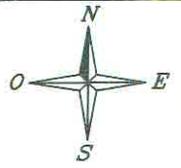
**GEOCON**

STUDIO ASSOCIATO PER LA  
GEOLOGIA E LA SICUREZZA

Geol. Angelo RENZONI  
Geol. Michele GLIASCHERA  
Geol. Walter BORGHI

Via Gozzi n. 10/A 61032 Fano (PU)  
Tel. 0721 861494/862875  
e-mail geocon@fastwebnet.it

PROGETTO DI DEMOLIZIONE E PARZIALE  
AMPLIAMENTO DI FABBRICATI RESIDENZIALI E  
COSTRUZIONI DI FABBRICATI RESIDENZIALI



STRALCIO CARTA GEOLOGICA D'ITALIA

FOGLIO 110  
SENIGALLIA



AREA DI INTERVENTO



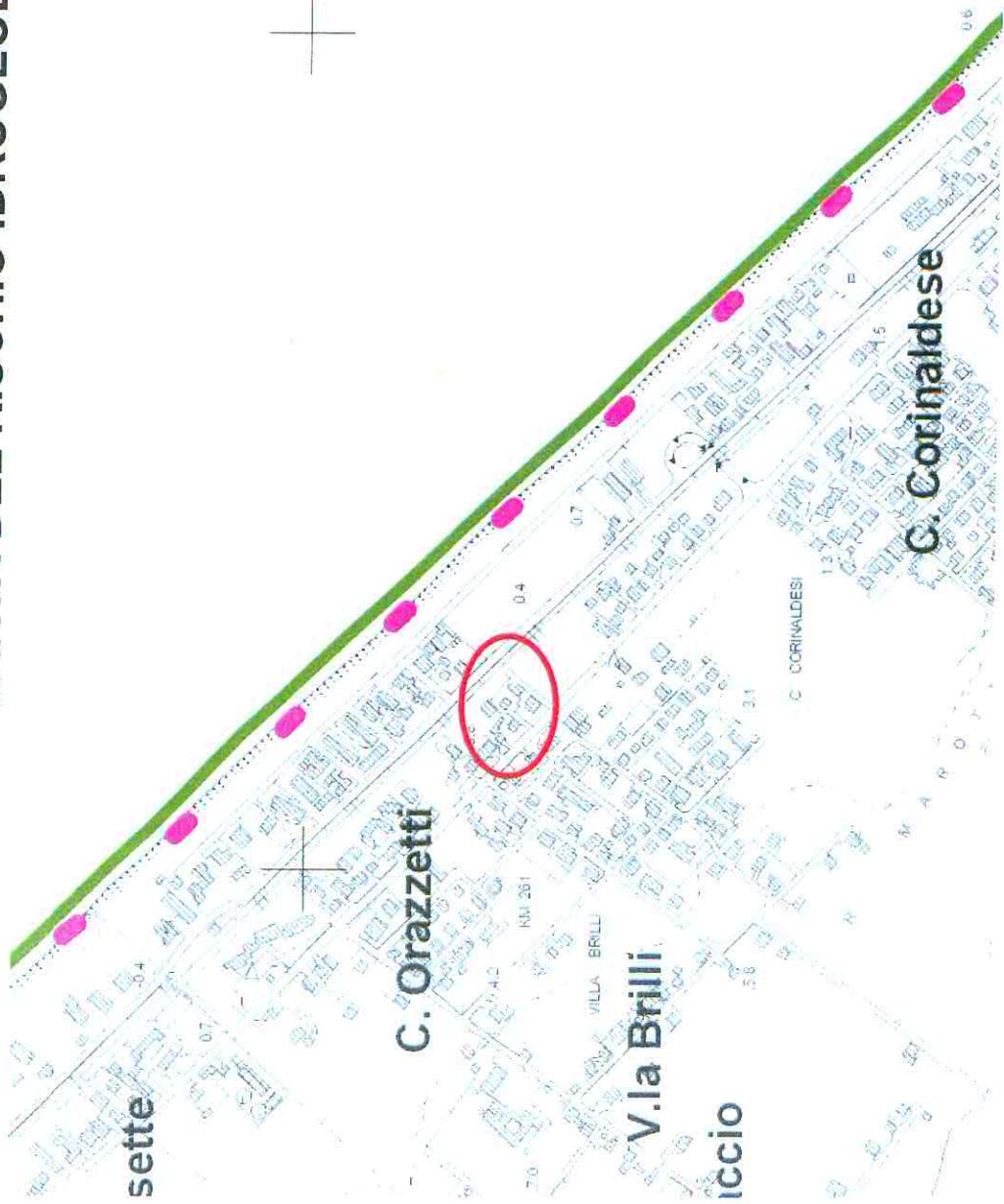
**GEOCON**  
STUDIO ASSOCIATO PER LA  
GEOLOGIA E LA SICUREZZA

Commessa 1123/10  
**CEFIM S.P.A.**

**RELAZIONE GEOLOGICA**  
D.M. 14/01/2008 - CIRC. LL.PP. 617/09

ALLEGATO 2  
**STRALCIO CARTOGRAFICO PAI**

# Piano Assetto Idrogeologico (PAI) CARTA DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO



## LEGENDA

Aree a rischio frana  
(codice F-xx-yyyy)

Rischio moderato (R1)

Rischio medio (R2)

Rischio elevato (R3)

Rischio molto elevato (R4)

Aree a rischio esondazione  
(codice E-xx-yyyy)

Rischio moderato (R1)

Rischio medio (R2)

Rischio elevato (R3)

Rischio molto elevato (R4)

Aree a rischio valanga  
(codice V-xx-yyyy)

Rischio molto elevato (R4)

Limite di bacino idrografico



Ubicazione area in oggetto

ESTRATTO CARTOGRAFICO PAI TAV. RI 13



**GEOCON**  
STUDIO ASSOCIATO PER LA  
GEOLOGIA E LA SICUREZZA

Commessa 1123/10  
**CEFIM S.P.A.**

**RELAZIONE GEOLOGICA**  
D.M. 14/01/2008 – CIRC. LL.PP. 617/09

# ALLEGATO 3

# **AEROFOTOGRAMMETRICA**



**GEOCON**  
STUDIO ASSOCIATO PER LA  
GEOLOGIA E LA SICUREZZA

Geol. Angelo RENZONI  
Geol. Michele GLIASCHERA  
Geol. Walter BORGHI

Via Gozzi n. 10/A 61032 Fano (PU)  
Tel. 0721 861494/862875  
e-mail geocon@fastwebnet.it

PROGETTO DI DEMOLIZIONE E PARZIALE  
AMPLIAMENTO DI FABBRICATI RESIDENZIALI  
E COSTRUZIONI DI FABBRICATI RESIDENZIALI

ALLEGATO

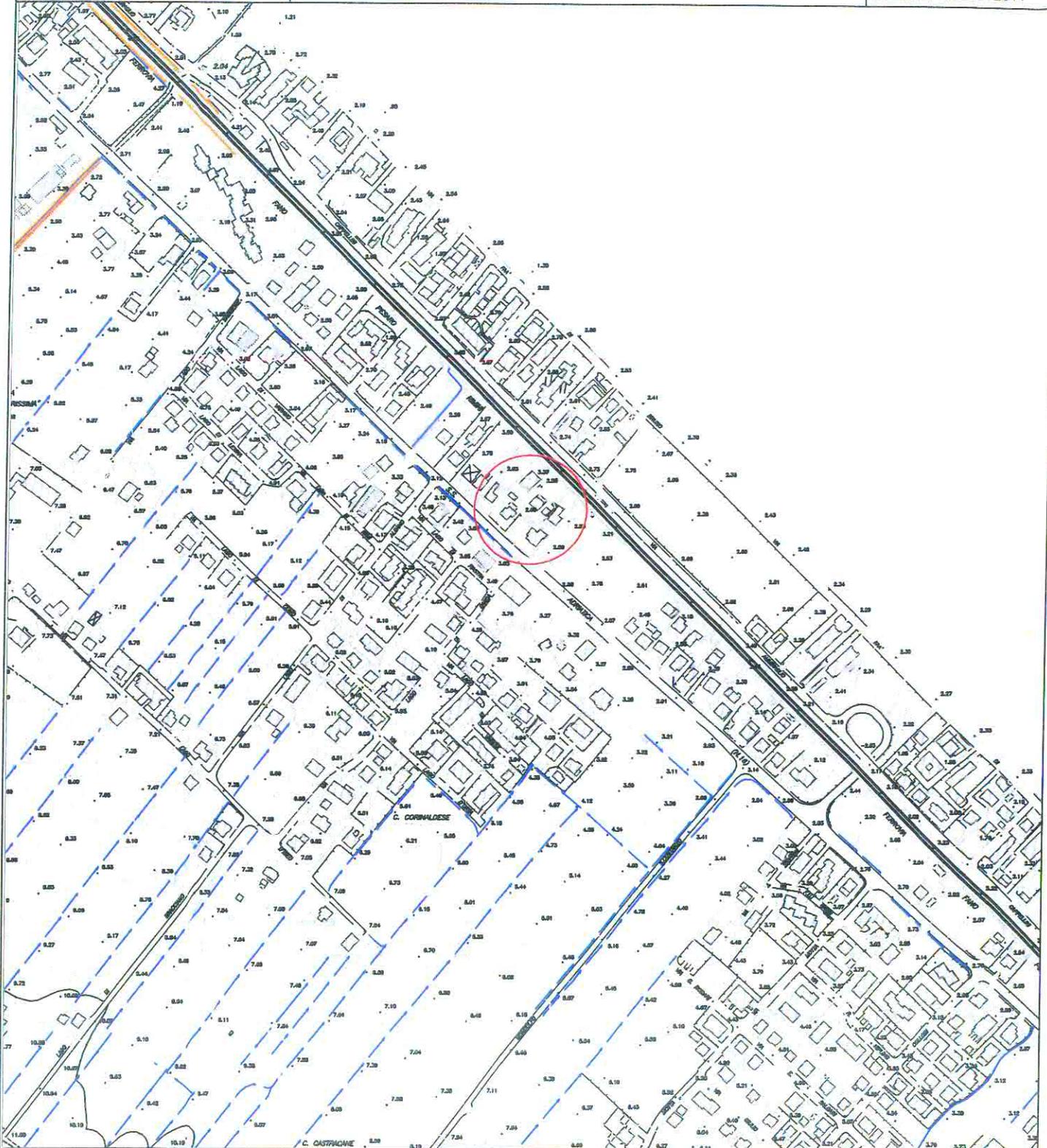
3

**AEROFOTOGRAMMETRIA**

SCALA 1: 5.000

Commessa: I 123/2010

Data: MAGGIO 2011



AREA DI INTERVENTO

SCARPATE

RETICOLO IDROGRAFICO

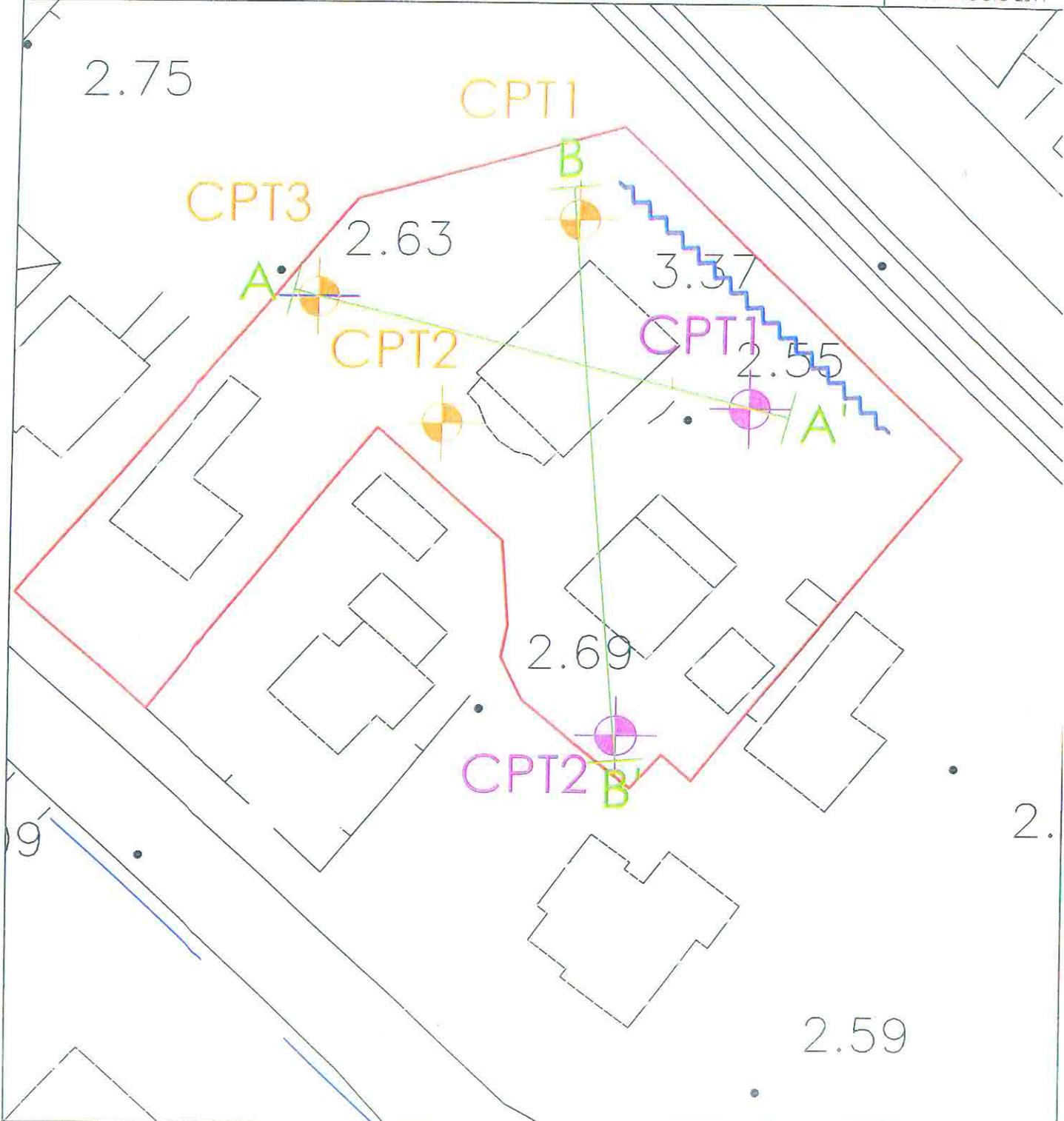


**GEOCON**  
STUDIO ASSOCIATO PER LA  
GEOLOGIA E LA SICUREZZA

Commessa 1123/10  
**CEFIM S.P.A.**

**RELAZIONE GEOLOGICA**  
D.M. 14/01/2008 – CIRC. LL.PP. 617/09

ALLEGATO 4  
**CARTA PLANOALTIMETRICA**  
CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOLOGICHE  
E TRACCIA DEGLI SCHEMI LITOSTRATIGRAFICI



Area di intervento

Indagine MASW

CPT1-1

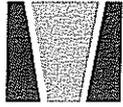
Prova penetrometrica statica CPT  
(27/04/2010)

CPT1-2

Prova penetrometrica statica CPT  
(19/09/2006)

A-A'

Traccia dello schema  
litostratigrafico



**GEOCON**  
STUDIO ASSOCIATO PER LA  
GEOLOGIA E LA SICUREZZA

Commessa 1123/10  
**CEFIM S.P.A.**

**RELAZIONE GEOLOGICA**  
D.M. 14/01/2008 - CIRC. LL.PP. 617/09

ALLEGATO 5a  
**CERTIFICATI E GRAFICI**  
DELLE PROVE PENETROMETRICHE STATICHE (CPT)  
(27/04/2011)

## LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

Valutazioni in base al rapporto:  $F = (qc / fs)$

( Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977 )

valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

F = qc / fs	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
F < 15	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
15 < F ≤ 30	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
30 < F ≤ 60	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
F > 60	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

Vengono inoltre riportate le valutazioni stratigrafiche fornite da Schmertmann (1978), ricavabili in base ai valori di qc e di FR = (fs / qc) % :

- AO = argilla organica e terreni misti
- Att = argilla (inorganica) molto tenera
- At = argilla (inorganica) tenera
- Am = argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac = argilla (inorganica) consistente
- Acc = argilla (inorganica) molto consistente
- ASL = argilla sabbiosa e limosa
- SAL = sabbia e limo / sabbia e limo argilloso
- Ss = sabbia sciolta
- Sm = sabbia mediamente addensata
- Sd = sabbia densa o cementata
- SC = sabbia con molti fossili, calcareniti

Secondo Schmertmann il valore della resistenza laterale da usarsi, dovrebbe essere pari a:

- $1/3 \pm 1/2$  di quello misurato , per depositi sabbiosi
- quello misurato ( inalterato ) , per depositi coesivi.

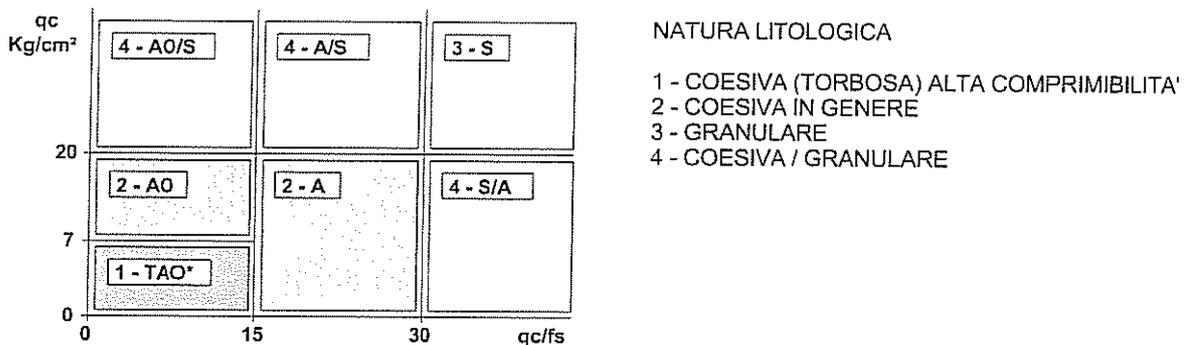
## LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI

### SCELTE LITOLOGICHE ( validità orientativa )

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al rapporto  $qc / fs$  ( Begemann 1965 -Raccomandazioni A.G.I. 1977 ), prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :

$qc \leq 20 \text{ kg/cm}^2$  : possibili terreni COESIVI      anche se  $( qc / fs ) > 30$

$qc \geq 20 \text{ kg/cm}^2$  : possibili terreni GRANULARI      anche se  $( qc / fs ) < 30$



### PARAMETRI GEOTECNICI ( validità orientativa ) - simboli - correlazioni - bibliografia

- $\gamma'$  = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [ correlazioni :  $\gamma'$  - qc - natura ]  
( Terzaghi & Peck 1967 -Bowles 1982 )
- $\sigma'_{vo}$  = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno ( valutata in base ai valori di  $\gamma'$  )
- $C_u$  = coesione non drenata (terreni coesivi ) [ correlazioni :  $C_u$  - qc ]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi ) [ correlazioni : OCR -  $C_u$  -  $\sigma'_{vo}$  ]  
( Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983 )
- $E_u$  = modulo di deformazione non drenato (terr.coes.) [ correl. :  $E_u$  -  $C_u$  - OCR -  $I_p$   $I_p = \text{ind.plast.}$  ]  
 $E_{u50}$  -  $E_{u25}$  corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976 )
- $E'$  = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [ correlazioni :  $E'$  - qc ]  
 $E'_{50}$  -  $E'_{25}$  corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (coeff. di sicurezza  $F = 2 - 4$  rispettivamente )  
(Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski et al. 1983 )
- $M_o$  = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [ correl. :  $M_o$  - qc - natura ]  
(Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973 )
- $D_r$  = densità relativa (terreni gran. N. C. - normalmente consolidati)  
[ correlazioni :  $D_r$  - qc -  $\sigma'_{vo}$  ] (Schmertmann 1976 )
- $\phi'$  = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C. ) [ correl. :  $\phi'$  -  $D_r$  - qc -  $\sigma'_{vo}$  ]  
(Schmertmann 1978 - Durgunoglu & Mitchell 1975 - Meyerhof 1956 / 1976 )  
 $\phi'_{1s}$  - (Schmertmann) sabbia fine uniforme       $\phi'_{2s}$  - sabbia media unif./ fine ben gradata  
 $\phi'_{3s}$  - sabbia grossa unif./ media ben gradata       $\phi'_{4s}$  - sabbia-ghiaia poco lim./ ghiaietto unif.  
 $\phi'_{dm}$  - ( Durgunoglu & Mitchell ) sabbie N.C.       $\phi'_{my}$  - (Meyerhof) sabbie limose
- $A_{max}$  = accelerazione al suolo che può causare liquefazione ( terreni granulari )  
(  $g = \text{acc.gravità}$  )(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976 ) [ correlazioni :  $(A_{max}/g)$  -  $D_r$  ]

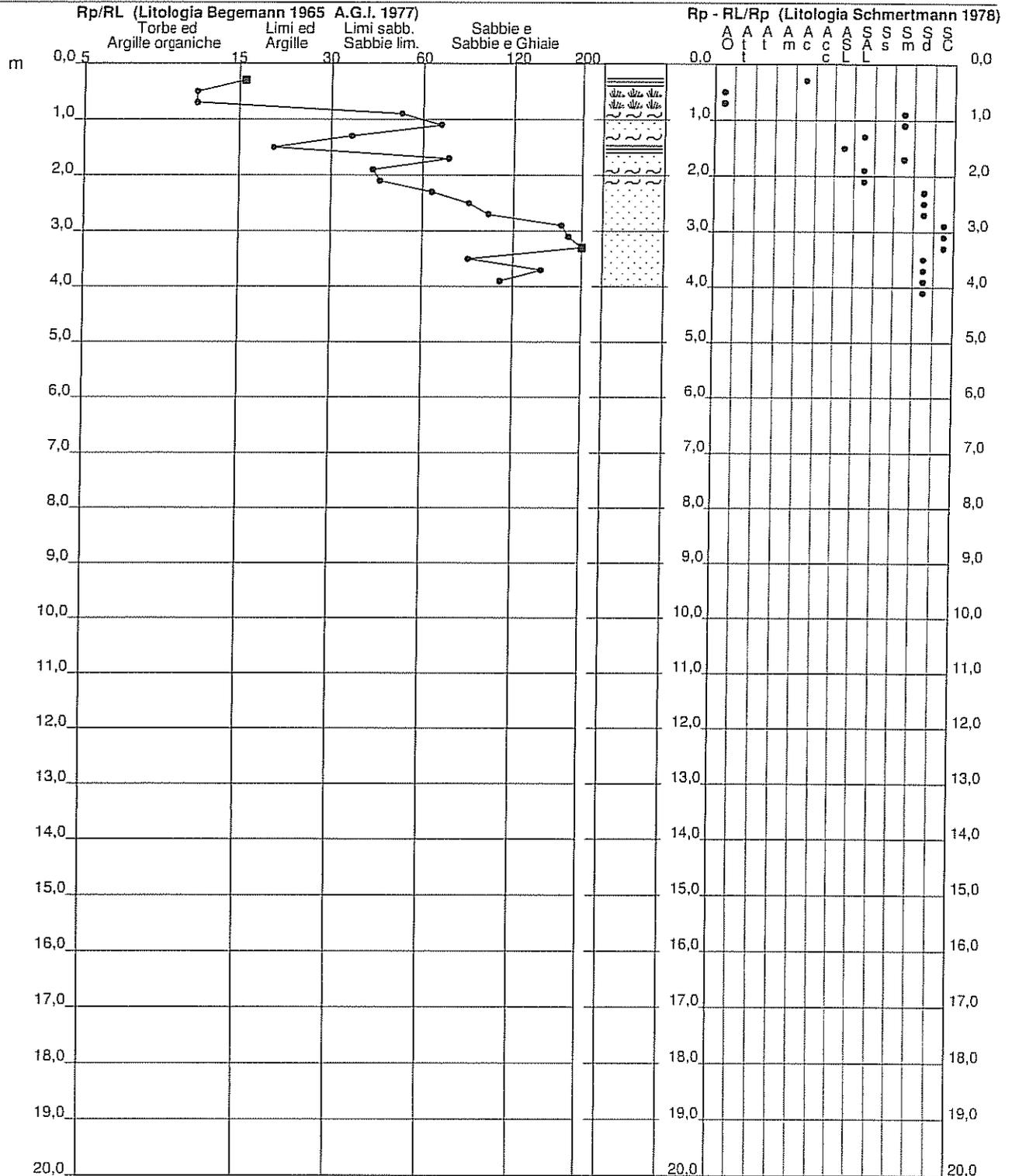
# PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

**CPT 1**

2.01PG05-180

- committente : CEFIM Spa  
 - lavoro : Demolizione e ricostruzione fabbricati  
 - località : Ponte Sasso - Comune di Fano (PU)  
 - note : fuine prova per rifiuto e rottura ancoraggio

- data : 27/04/2011  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 1,40 m da quota inizio  
 - scala vert.: 1 : 100



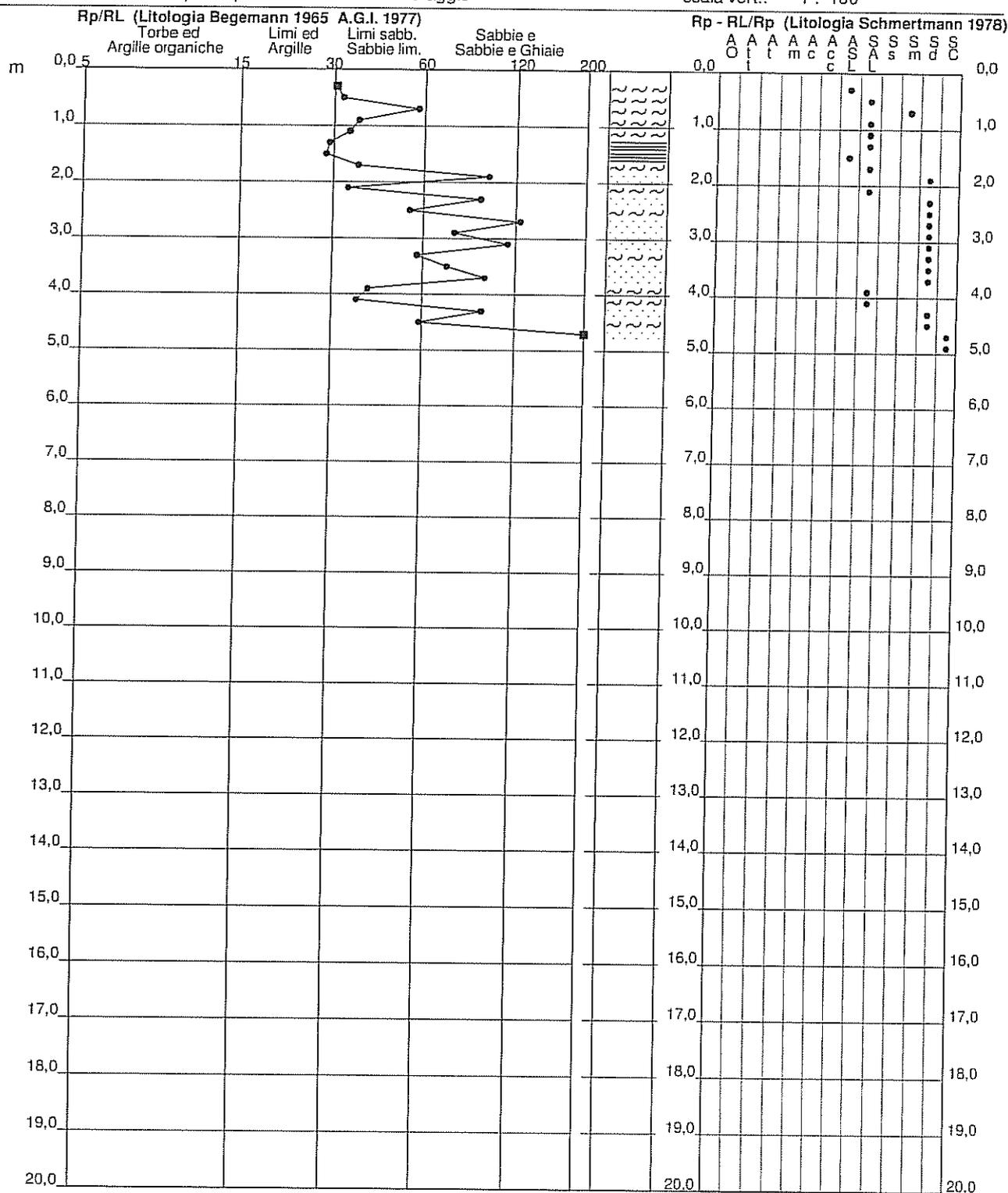
# PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 2

2.01PG05-180

- committente : CEFIM Spa  
 - lavoro : Demolizione e ricostruzione fabbricati  
 - località : Ponte Sasso - Comune di Fano (PU)  
 - note : fuine prova per rifiuto e rottura ancoraggio

- data : 27/04/2011  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 1,60 m da quota inizio  
 - scala vert.: 1 : 100





## LEGENDA VALORI DI RESISTENZA

Strumento utilizzato:

**PENETROMETRO PAGANI TG 63-200 Kn STATICO OLANDESE tipo GOUDA (tipo meccanico)**  
Matricola n. P000988

Caratteristiche:

- punta conica meccanica  $\varnothing$  35.7 mm, angolo di apertura  $\alpha = 60^\circ$ , area punta  $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' ( $\varnothing$  35.7 mm - h 133 mm - sup. lat. Am. =  $150 \text{ cm}^2$ )
- velocità di avanzamento costante  $V = 2 \text{ cm / sec}$  ( $\pm 0,5 \text{ cm / sec}$ )
- spinta max nominale dello strumento  $S_{max}$  variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione (lett.  $\Rightarrow$  Spinta)  $C_t = \text{SPINTA (Kg)} / \text{LETTURA DI CAMPAGNA}$

fase 1 - resistenza alla punta  $q_c$  ( Kg /  $\text{cm}^2$  ) = ( L. punta )  $C_t / 10$

fase 2 - resistenza laterale locale  $f_s$  ( Kg /  $\text{cm}^2$  ) = [(L. laterale) - (L. punta)]  $C_t / 150$

fase 3 - resistenza totale  $R_t$  ( Kg ) = ( L. totale )  $C_t$

$q_c / f_s$  = 'rapporto Begemann'

- L. punta = lettura di campagna durante l' infissione della sola punta ( fase 1 )
- L. laterale = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto ( fase 2 )
- L. totale = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne ( fase 3 )

N.B. : la spinta  $S$  ( Kg ), corrispondente a ciascuna fase , si ottiene moltiplicando la corrispondente lettura di campagna  $L$  per la costante di trasformazione  $C_t$  .

N.B. : causa la distanza intercorrente ( 20 cm circa ) fra il manicotto laterale e la punta conica del penetrometro , la resistenza laterale locale  $f_s$  viene computata 20 cm sopra la punta .

### CELLA DI CARICO: AEP transducers

Modello: TC4 20 ton

Numero seriale: TGAS11 - 202002

Capacità massima (kg): 20.000

Data ultima verifica calibrazione: 29 marzo 2010



SEDE LEGALE:  
P.zza I° maggio n.5  
06081 - Assisi (PG)

tel. & fax: 075.800.37.80  
mobile: 338.294.00.03  
mail: geolandpg@tiscali.it

# PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

**CPT 1**

2.01PG05-180

- committente : CEFIM Spa	- data : 27/04/2011
- lavoro : Demolizione e ricostruzione fabbricati	- quota inizio : Piano Campagna
- località : Ponte Sasso - Comune di Fano (PU)	- prof. falda : 1,40 m da quota inizio
- note : fuine prova per rifiuto e rottura ancoraggio	- pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs
	punta	laterale	kg/cm <sup>2</sup>				punta	laterale	kg/cm <sup>2</sup>		
0,20	10,0	----	10,0	-----	----	2,40	165,0	194,0	165,0	2,53	65,0
0,40	12,0	----	12,0	0,73	16,0	2,60	286,0	324,0	286,0	3,33	86,0
0,60	13,0	24,0	13,0	1,13	11,0	2,80	324,0	374,0	324,0	3,27	99,0
0,80	13,0	30,0	13,0	1,13	11,0	3,00	354,0	403,0	354,0	2,07	171,0
1,00	31,0	48,0	31,0	0,60	52,0	3,20	313,0	344,0	313,0	1,73	181,0
1,20	51,0	60,0	51,0	0,73	70,0	3,40	376,0	402,0	376,0	1,00	376,0
1,40	43,0	54,0	43,0	1,20	36,0	3,60	297,0	312,0	297,0	3,47	86,0
1,60	38,0	56,0	38,0	1,87	20,0	3,80	314,0	366,0	314,0	2,13	147,0
1,80	54,0	82,0	54,0	0,73	74,0	4,00	412,0	444,0	412,0	3,80	108,0
2,00	64,0	75,0	64,0	1,53	42,0	4,20	297,0	354,0	297,0	----	----
2,20	85,0	108,0	85,0	1,93	44,0						

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/20t  
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s  
 - punta meccanica tipo Begemann  $\phi = 35.7$  mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)  
 - manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)

  
 GEOLAND



SEDE LEGALE:  
 P.zza I° maggio n.5  
 06081 - Assisi (PG)

tel. & fax: 075.800.37.80  
 mobile: 338.294.00.03  
 mail: geolandpg@tiscali.it

**PROVA PENETROMETRICA STATICA  
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA**

**CPT 2**  
2.01PG05-180

- committente : CEFIM Spa  
- lavoro : Demolizione e ricostruzione fabbricati  
- località : Ponte Sasso - Comune di Fano (PU)  
- note : fuine prova per rifiuto e rottura ancoraggio

- data : 27/04/2011  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 1,60 m da quota inizio  
- pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm <sup>2</sup>	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm <sup>2</sup>	fs	qc/fs
	punta	laterale					punta	laterale			
0,20	10,0	----	10,0	----	----	2,80	336,0	402,0	336,0	2,73	123,0
0,40	23,0	----	23,0	0,73	31,0	3,00	218,0	259,0	218,0	2,87	76,0
0,60	22,0	33,0	22,0	0,67	33,0	3,20	262,0	305,0	262,0	2,33	112,0
0,80	58,0	68,0	58,0	1,00	58,0	3,40	190,0	225,0	190,0	3,27	58,0
1,00	47,0	62,0	47,0	1,27	37,0	3,60	135,0	184,0	135,0	1,87	72,0
1,20	37,0	56,0	37,0	1,07	35,0	3,80	114,0	142,0	114,0	1,20	95,0
1,40	38,0	54,0	38,0	1,27	30,0	4,00	108,0	126,0	108,0	2,67	40,0
1,60	41,0	60,0	41,0	1,40	29,0	4,20	114,0	154,0	114,0	3,07	37,0
1,80	52,0	73,0	52,0	1,40	37,0	4,40	118,0	164,0	118,0	1,27	93,0
2,00	110,0	131,0	110,0	1,13	97,0	4,60	135,0	154,0	135,0	2,27	60,0
2,20	122,0	139,0	122,0	3,53	35,0	4,80	142,0	176,0	142,0	0,40	355,0
2,40	183,0	236,0	183,0	2,00	92,0	5,00	198,0	204,0	198,0	----	----
2,60	242,0	272,0	242,0	4,40	55,0						

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/201  
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s  
- punta meccanica tipo Begemann  $\sigma = 35.7$  mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)  
- manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)

GEOLAND  
*Giorgio Pagani*



SEDE LEGALE:  
P.zza 1° maggio n.5  
06081 - Assisi (PG)

tel. & fax: 075.800.37.80  
mobile: 338.294.00.03  
mail: geolandpg@tiscali.it

# PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

**CPT 3**

2.01PG05-180

- committente : CEFIM Spa  
 - lavoro : Demolizione e ricostruzione fabbricati  
 - località : Ponte Sasso - Comune di Fano (PU)  
 - note : fuine prova per rifiuto e rottura ancoraggio

- data : 27/04/2011  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 1,10 m da quota inizio  
 - pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm <sup>2</sup>	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm <sup>2</sup>	fs	qc/fs
	punta	laterale					punta	laterale			
0,20	10,0	---	10,0	---	---	2,80	199,0	202,0	199,0	1,80	111,0
0,40	12,0	---	12,0	0,20	60,0	3,00	217,0	244,0	217,0	3,33	65,0
0,60	10,0	13,0	10,0	11,60	1,0	3,20	226,0	276,0	226,0	1,93	117,0
0,80	15,0	189,0	15,0	0,80	19,0	3,40	175,0	204,0	175,0	2,27	77,0
1,00	19,0	31,0	19,0	0,87	22,0	3,60	160,0	194,0	160,0	2,27	71,0
1,20	23,0	36,0	23,0	0,93	25,0	3,80	202,0	236,0	202,0	2,13	95,0
1,40	22,0	36,0	22,0	1,33	16,0	4,00	144,0	176,0	144,0	2,27	64,0
1,60	64,0	84,0	64,0	1,60	40,0	4,20	112,0	146,0	112,0	2,73	41,0
1,80	66,0	90,0	66,0	2,13	31,0	4,40	135,0	176,0	135,0	2,00	68,0
2,00	110,0	142,0	110,0	2,40	46,0	4,60	164,0	194,0	164,0	2,60	63,0
2,20	154,0	190,0	154,0	1,93	80,0	4,80	147,0	186,0	147,0	2,80	53,0
2,40	274,0	303,0	274,0	0,67	411,0	5,00	102,0	144,0	102,0	1,07	96,0
2,60	293,0	303,0	293,0	0,20	1465,0	5,20	216,0	232,0	216,0	---	---

  
 GEOLAND

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/20t  
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s  
 - punta meccanica tipo Begemann  $\alpha = 35.7$  mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)  
 - manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)



SEDE LEGALE:  
 P.zza I<sup>o</sup> maggio n.5  
 06081 - Assisi (PG)

tel. & fax: 075.800.37.80  
 mobile: 338.294.00.03  
 mail: geolandpg@tiscali.it

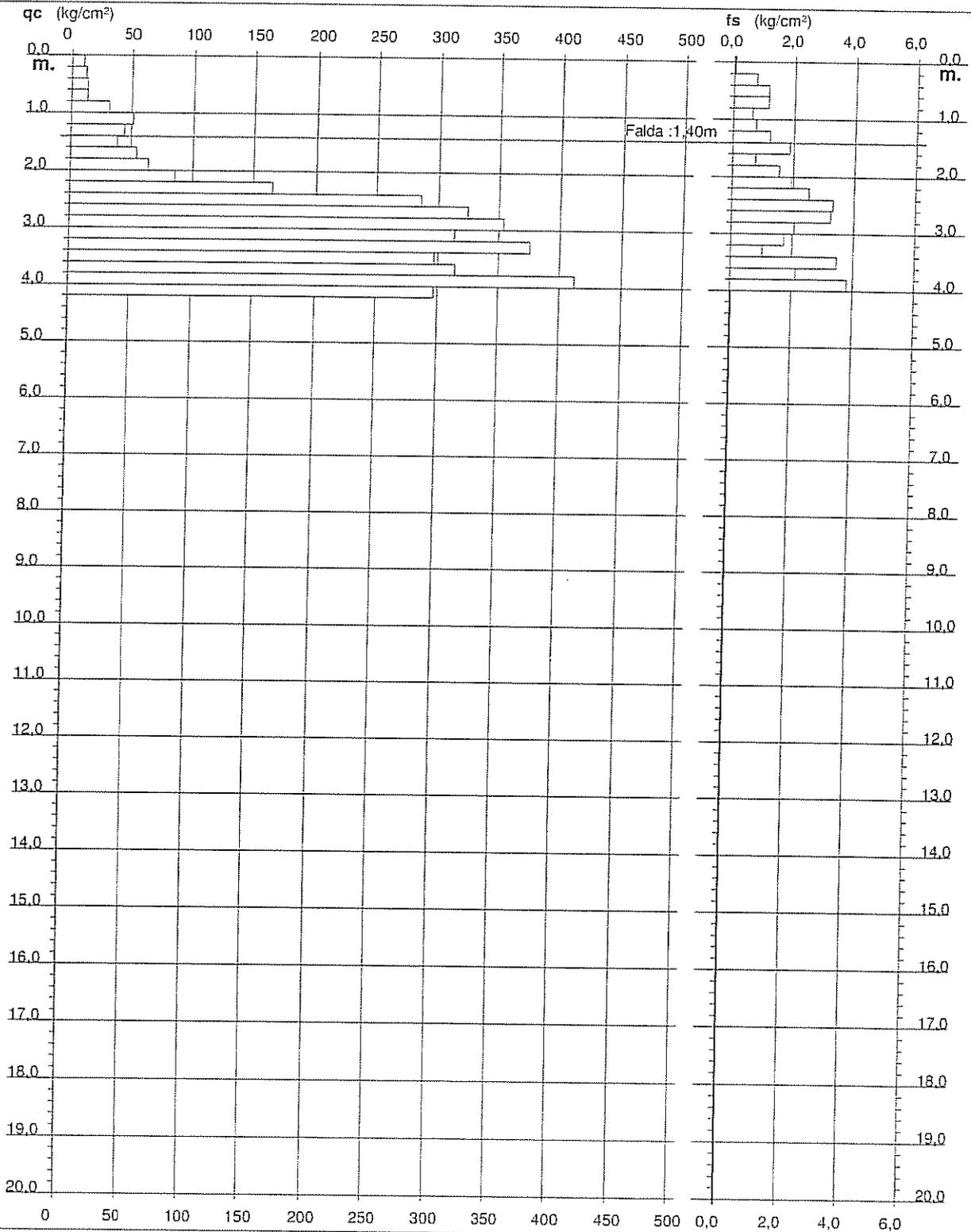
# PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

2.01PG05-180

- committente : CEFIM Spa  
 - lavoro : Demolizione e ricostruzione fabbricati  
 - località : Ponte Sasso - Comune di Fano (PU)  
 - note : fuine prova per rifiuto e rottura ancoraggio

- data : 27/04/2011  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 1,40 m da quota inizio  
 - scala vert.: 1 : 100



SEDE LEGALE:  
 P.zza 1° maggio n.5  
 06081 - Assisi (PG)

tel. & fax: 075.800.37.80  
 mobile: 338.294.00.03  
 mail: geolandpg@tiscali.it

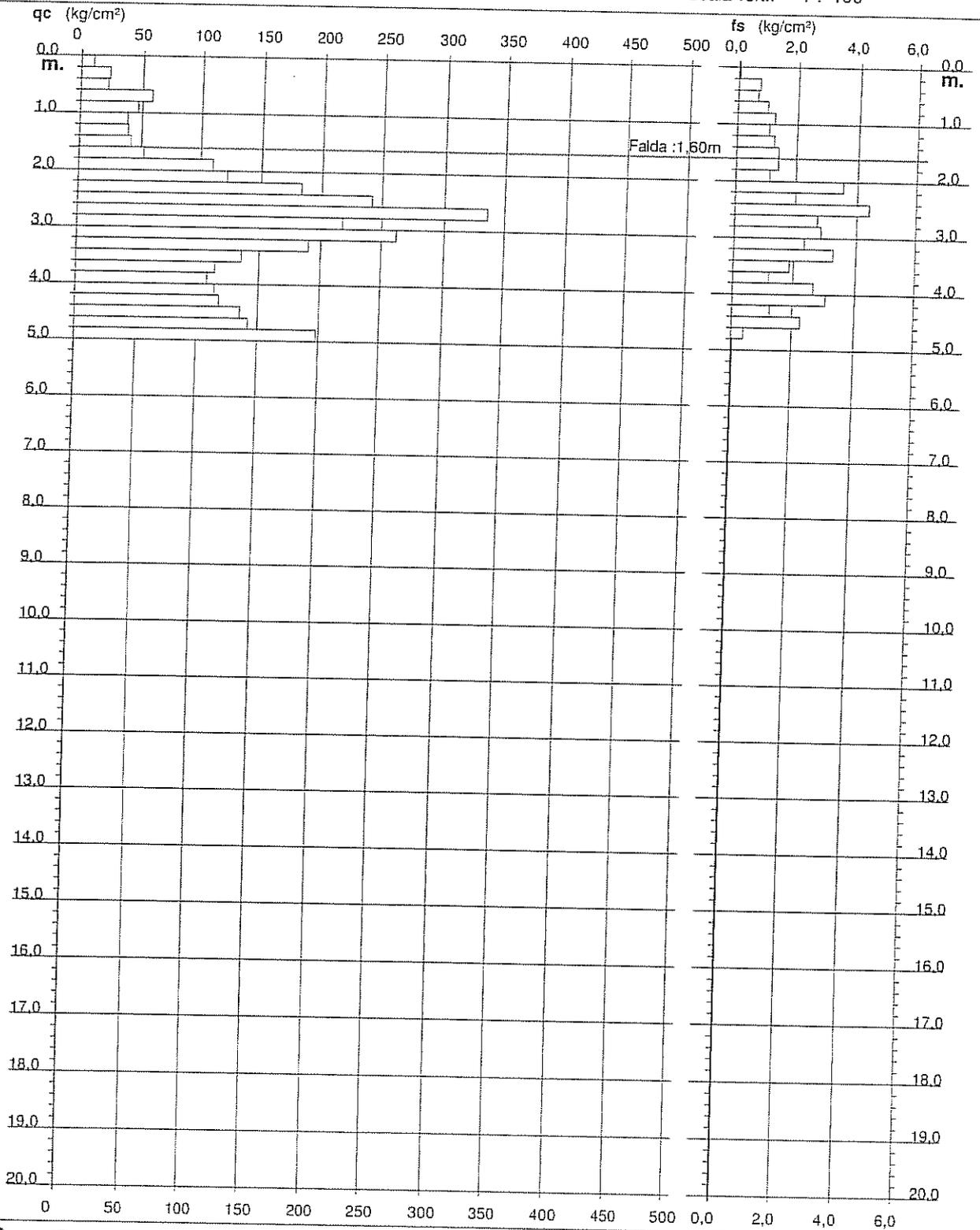
# PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 2

2.01PG05-180

- committente : CEFIM Spa  
 - lavoro : Demolizione e ricostruzione fabbricati  
 - località : Ponte Sasso - Comune di Fano (PU)  
 - note : fuine prova per rifiuto e rottura ancoraggio

- data : 27/04/2011  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 1,60 m da quota inizio  
 - scala vert. : 1 : 100



SEDE LEGALE:  
 P.zza 1° maggio n.5  
 06081 - Assisi (PG)

tel. & fax: 075.800.37.80  
 mobile: 338.294.00.03  
 mail: geolandpg@tiscali.it

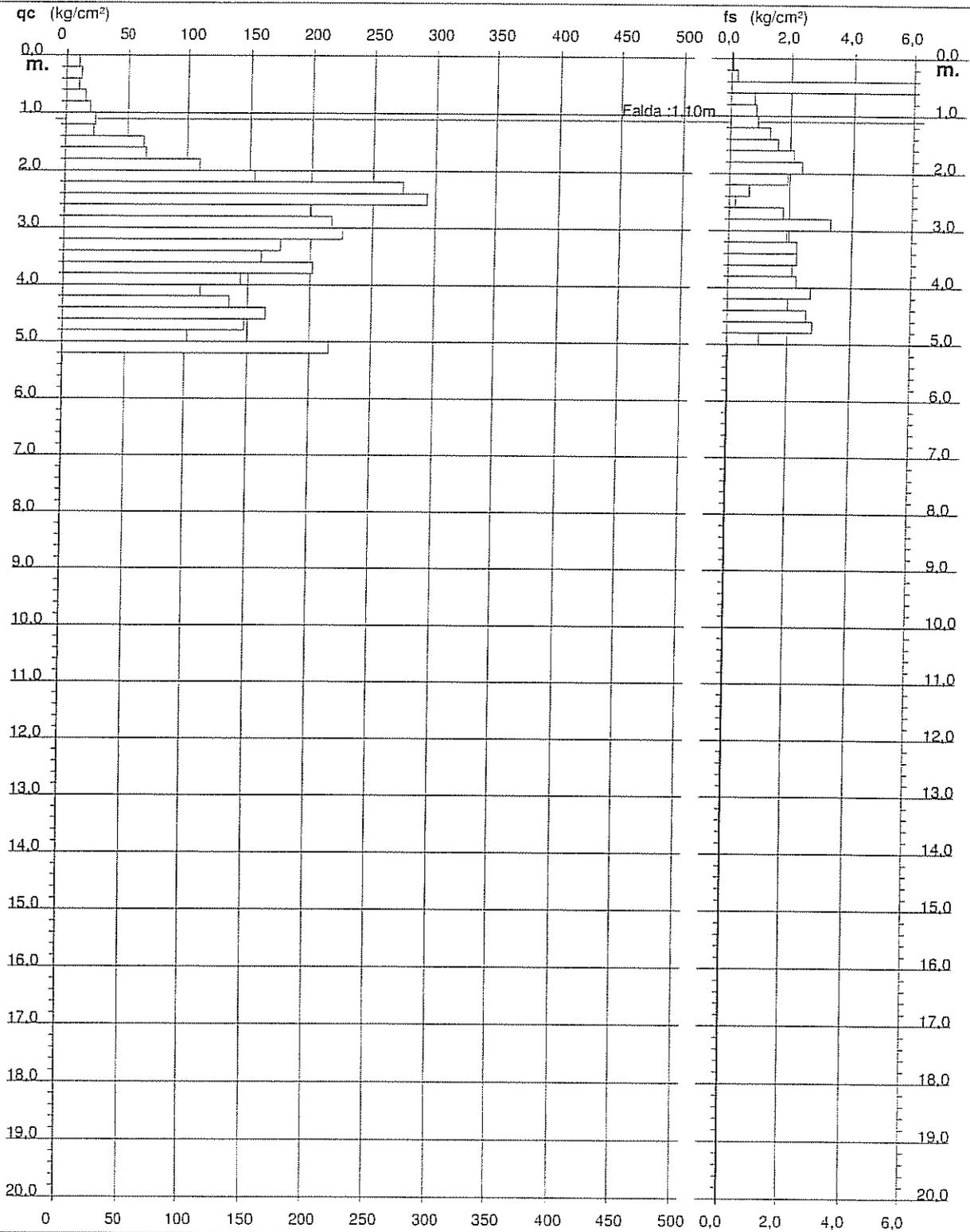
# PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 3

2.01PG05-180

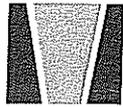
- committente : CEFIM Spa  
 - lavoro : Demolizione e ricostruzione fabbricati  
 - località : Ponte Sasso - Comune di Fano (PU)  
 - note : fuine prova per rifiuto e rottura ancoraggio

- data : 27/04/2011  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 1,10 m da quota inizio  
 - scala vert.: 1 : 100



SEDE LEGALE:  
 P.zza 1° maggio n.5  
 06081 - Assisi (PG)

tel. & fax: 075.800.37.80  
 mobile: 338.294.00.03  
 mail: geolandpg@tiscali.it



**GEOCON**  
STUDIO ASSOCIATO PER LA  
GEOLOGIA E LA SICUREZZA

Commessa 1123/10  
**CEFIM S.P.A.**

**RELAZIONE GEOLOGICA**  
D.M. 14/01/2008 - CIRC. LL.PP. 617/09

ALLEGATO 5b  
**CERTIFICATI E GRAFICI**  
DELLE PROVE PENETROMETRICHE STATICHE (CPT)  
(19/09/2006)

# APPENDICE A

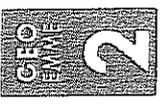
Risultati della campagna geognostica

## Penetrometrie statiche C.P.T.

Ps 1

Ps 2

Committente CEFIM s.p.a.  
 Lavoro PONTESASSO  
 Localita' FANO  
 Attrezzo Pagani 20 t.



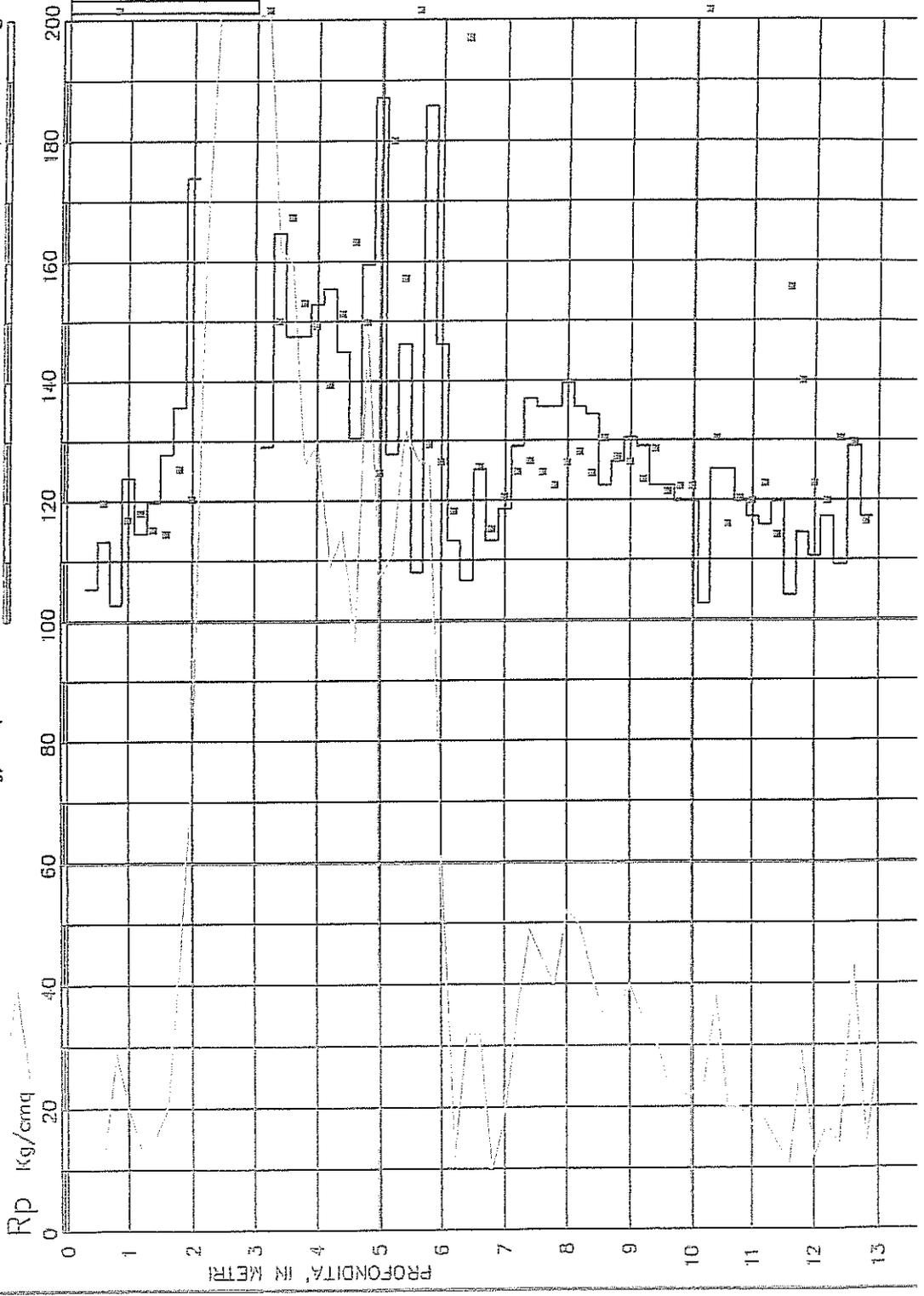
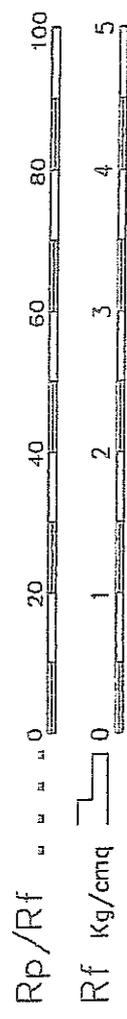
**GEOEMME 2**  
 SERVIZI GEOLOGICI E GEOTECNICI  
 CONSOLIDAMENTI

RIMINI

PROVA STATICA C.P.T. n. 1

QUOTA : p.c.

LIV. ACQUA : /



Committente CEFIM s.p.a.  
 Lavoro PONTESASSO  
 Localita' FANO  
 Attrezzo Pagani 20 t.



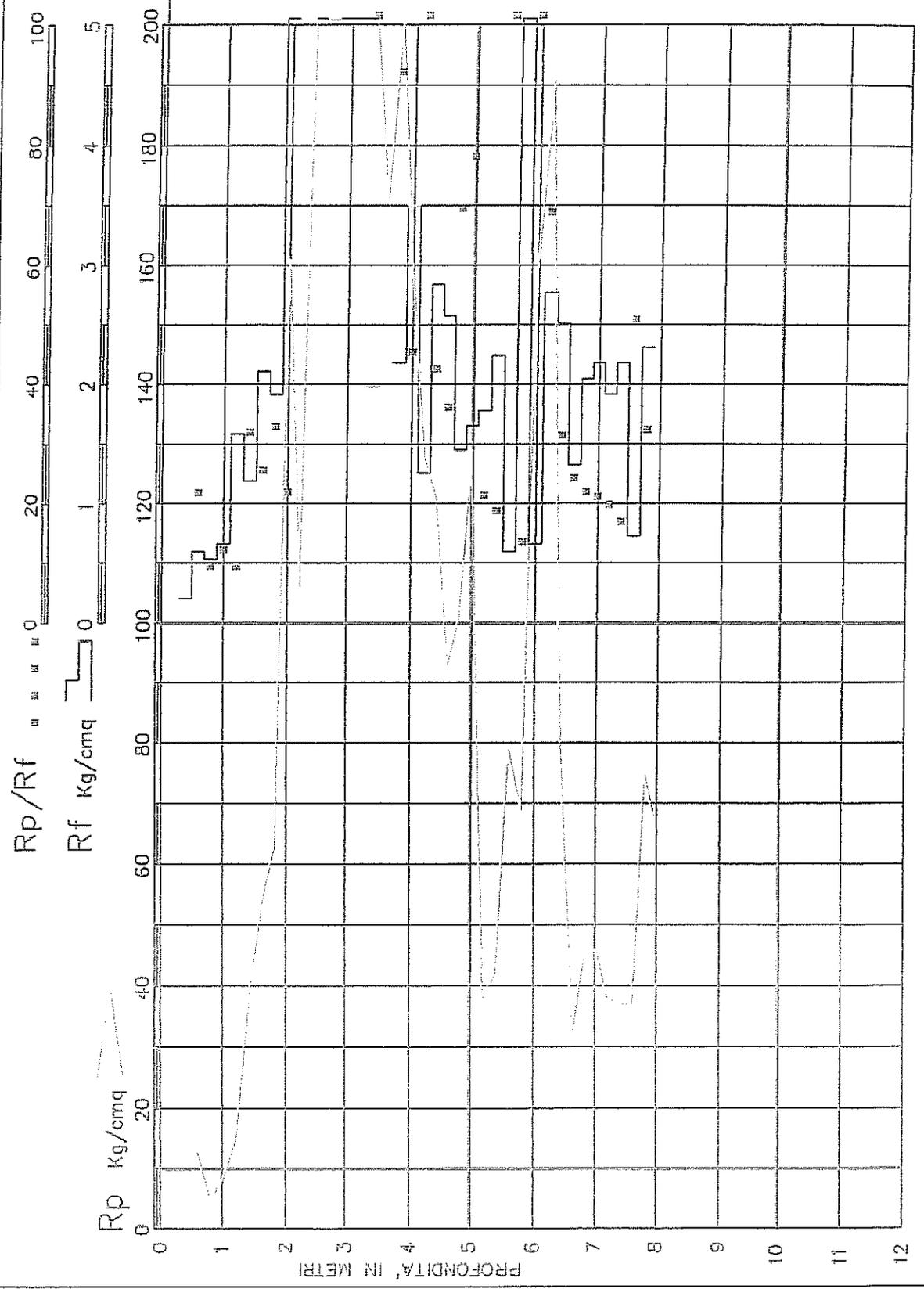
**GEOEMME 2**  
 SERVIZI GEOLOGICI E GEOTECNICI  
 CONSOLIDAMENTI

RIMINI

PROVA STATICA C.P.T. n. 2

QUOTA : p.c.

LIV. ACQUA : /



SABBIA	SABBIE FOSSE - R.CARB.	DENSA O CEMENT.	SABBIA
SCIOLTA	LIMI E SABBIE	SABBIE ARGILLE E LIM.	ARGILLE SABB. E LIM.
		ARGILLE COMP.	ARGILLA (MOLTOGAN. NON SELL. NON FESS.)
		COMPATTA	MEDIA
		TENERA	MOLTO TENERA
			ARG.ORG. - TERRALISTI

Committente : CEFIM s.p.a.  
 Cantiere : PONTESASSO  
 Localita' : FANO  
 Riferimento : 06432  
 PROVA PENETROMETRICA STATICA n.1

prof. m	A	B	Rp Kg/cm <sup>2</sup>	Rf Kg/cm <sup>2</sup>	Rp/Rf	Rf/Rp
0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.40	0.00	0.00	0.00	0.26	0.00	0.00
0.60	12.00	16.00	13.00	0.66	19.70	5.08
0.80	28.00	38.00	29.00	0.13	219.70	0.46
1.00	19.00	21.00	20.00	1.19	16.84	5.94
1.20	12.00	30.00	13.00	0.73	17.91	5.58
1.40	14.00	25.00	15.00	0.99	15.15	6.60
1.60	19.00	34.00	20.00	1.39	14.43	6.93
1.80	44.00	55.00	45.00	1.78	25.25	3.96
2.00	74.00	101.00	75.00	3.70	20.29	4.93
2.20	160.00	216.00	161.00	0.00	0.00	0.00
2.40	200.00	0.00	201.00	0.00	0.00	0.00
2.60	200.00	0.00	201.00	0.00	0.00	0.00
2.80	200.00	0.00	201.00	0.00	0.00	0.00
3.00	200.00	0.00	201.00	0.00	0.00	0.00
3.20	200.00	0.00	201.00	1.45	138.43	0.72
3.40	161.00	183.00	162.00	3.23	50.09	2.00
3.60	159.00	208.00	160.00	2.38	67.34	1.48
3.80	125.00	161.00	126.00	2.38	53.03	1.89
4.00	129.00	165.00	130.00	2.64	49.24	2.03
4.20	108.00	148.00	109.00	2.77	39.32	2.54
4.40	114.00	156.00	115.00	2.24	51.25	1.95
4.60	95.00	129.00	96.00	1.52	63.24	1.58
4.80	147.00	170.00	148.00	2.97	49.83	2.01
5.00	106.00	151.00	107.00	4.36	24.56	4.07
5.20	110.00	178.00	111.00	1.39	80.09	1.25
5.40	131.00	152.00	132.00	2.31	57.14	1.75
5.60	128.00	161.00	127.00	0.40	320.71	0.31
5.80	125.00	131.00	126.00	4.29	29.37	3.40
6.00	60.00	125.00	61.00	2.31	28.41	3.79
6.20	11.00	46.00	12.00	0.66	18.18	5.50
6.40	31.00	41.00	32.00	0.33	96.97	1.03
6.60	31.00	36.00	32.00	1.25	25.52	3.92
6.80	9.00	28.00	10.00	0.66	15.15	6.60
7.00	18.00	28.00	19.00	0.92	20.56	4.88
7.20	35.00	49.00	36.00	1.45	24.79	4.03
7.40	48.00	70.00	49.00	1.85	26.52	3.77
7.60	43.00	71.00	44.00	1.78	24.69	4.05
7.80	39.00	66.00	40.00	1.78	22.45	4.45
8.00	51.00	78.00	52.00	1.98	26.26	3.81
8.20	49.00	79.00	50.00	1.78	28.06	3.58
8.40	41.00	68.00	42.00	1.72	24.48	4.09
8.60	33.00	59.00	34.00	1.12	30.30	3.30
8.80	35.00	52.00	36.00	1.32	27.27	3.67
9.00	39.00	59.00	40.00	1.52	26.35	3.79
9.20	33.00	56.00	34.00	1.45	23.42	4.27
9.40	31.00	53.00	32.00	1.12	28.52	3.51
9.60	23.00	40.00	24.00	1.12	21.39	4.67
9.80	21.00	38.00	22.00	0.99	22.22	4.50
10.00	21.00	36.00	22.00	0.99	22.22	4.50
10.20	23.00	38.00	24.00	0.13	181.82	0.55
10.40	37.00	39.00	38.00	1.25	30.30	3.30
10.60	19.00	38.00	20.00	1.25	15.95	6.27
10.80	19.00	38.00	20.00	0.99	20.20	4.95
11.00	16.00	31.00	17.00	0.88	19.81	5.05
11.20	17.00	30.00	16.00	0.79	22.73	4.40
11.40	13.00	25.00	14.00	0.99	14.14	7.07
11.60	10.00	25.00	11.00	0.20	55.56	1.80
11.80	28.00	31.00	29.00	0.73	39.94	2.50
12.00	11.00	22.00	12.00	0.53	22.73	4.40
12.20	16.00	24.00	17.00	0.86	19.81	5.05
12.40	13.00	26.00	14.00	0.46	30.30	3.30
12.60	42.00	49.00	43.00	1.45	29.61	3.98
12.80	13.00	35.00	14.00	0.88	16.32	6.13
13.00	28.00	41.00	29.00	0.00	0.00	0.00

Committente : CEFIM s.p.a.  
 Cantiere : PONTESASSO  
 Localita' : FANO  
 Riferimento : 06432  
 PROVA PENETROMETRICA STATICA n.2

prof. m	A	B	Rp Kg/cm <sup>2</sup>	Rf Kg/cm <sup>2</sup>	Rp/Rf	Rf/Rp
0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.40	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00
0.60	12.00	15.00	13.00	0.59	21.89	4.57
0.80	4.00	13.00	5.00	0.53	9.47	10.56
1.00	7.00	15.00	8.00	0.66	12.12	8.25
1.20	14.00	24.00	15.00	1.58	9.47	10.56
1.40	37.00	61.00	38.00	1.19	31.99	3.13
1.60	53.00	71.00	54.00	2.11	25.57	3.91
1.80	62.00	94.00	63.00	1.91	32.92	3.04
2.00	160.00	189.00	161.00	7.33	21.98	4.55
2.20	105.00	218.00	108.00	0.00	0.00	0.00
2.40	200.00	0.00	201.00	0.00	0.00	0.00
2.60	200.00	0.00	201.00	0.00	0.00	0.00
2.80	200.00	0.00	201.00	0.00	0.00	0.00
3.00	200.00	0.00	201.00	0.00	0.00	0.00
3.20	200.00	0.00	201.00	0.00	0.00	0.00
3.40	200.00	0.00	201.00	1.98	101.52	0.99
3.60	170.00	200.00	171.00	0.00	0.00	0.00
3.80	200.00	0.00	201.00	2.18	82.29	1.08
4.00	158.00	191.00	159.00	3.50	45.45	2.20
4.20	127.00	180.00	128.00	1.25	102.07	0.98
4.40	120.00	139.00	121.00	2.84	42.64	2.35
4.60	92.00	135.00	93.00	2.57	36.13	2.77
4.80	100.00	139.00	101.00	1.45	69.56	1.44
5.00	128.00	150.00	129.00	1.65	78.18	1.28
5.20	37.00	62.00	38.00	1.78	21.32	4.89
5.40	41.00	68.00	42.00	2.24	18.72	5.34
5.60	78.00	112.00	79.00	0.59	133.00	0.75
5.80	68.00	77.00	69.00	5.08	13.58	7.37
6.00	160.00	237.00	161.00	0.66	243.94	0.41
6.20	190.00	200.00	191.00	2.77	68.90	1.45
6.40	78.00	120.00	79.00	2.51	31.50	3.17
6.60	31.00	69.00	32.00	1.32	24.24	4.12
6.80	44.00	64.00	45.00	2.05	21.99	4.55
7.00	45.00	76.00	46.00	2.18	21.12	4.73
7.20	37.00	70.00	38.00	1.91	19.85	5.04
7.40	36.00	65.00	37.00	2.18	16.99	5.89
7.60	38.00	69.00	37.00	0.73	50.98	1.96
7.80	74.00	85.00	75.00	2.31	32.47	3.08
8.00	64.00	99.00	65.00	0.00	0.00	0.00



**GEOCON**  
STUDIO ASSOCIATO PER LA  
GEOLOGIA E LA SICUREZZA

Commessa 1123/10  
**CEFIM S.P.A.**

***RELAZIONE GEOLOGICA***  
*D.M. 14/01/2008 - CIRC. LL.PP. 617/09*

ALLEGATO 6  
**SCHEMI LITOSTRATIGRAFICI  
INTERPRETATIVI**



**GEOCON**  
STUDIO ASSOCIATO PER LA  
GEOLOGIA E LA SICUREZZA

Geol. Angelo RENZONI  
Geol. Michele GLIASCHERA  
Geol. Walter BORGHI

Via Gozzi n. 10/A 61032 Fano (PU)  
Tel. 0721 861494/862875  
e-mail geocon@fastwebnet.it

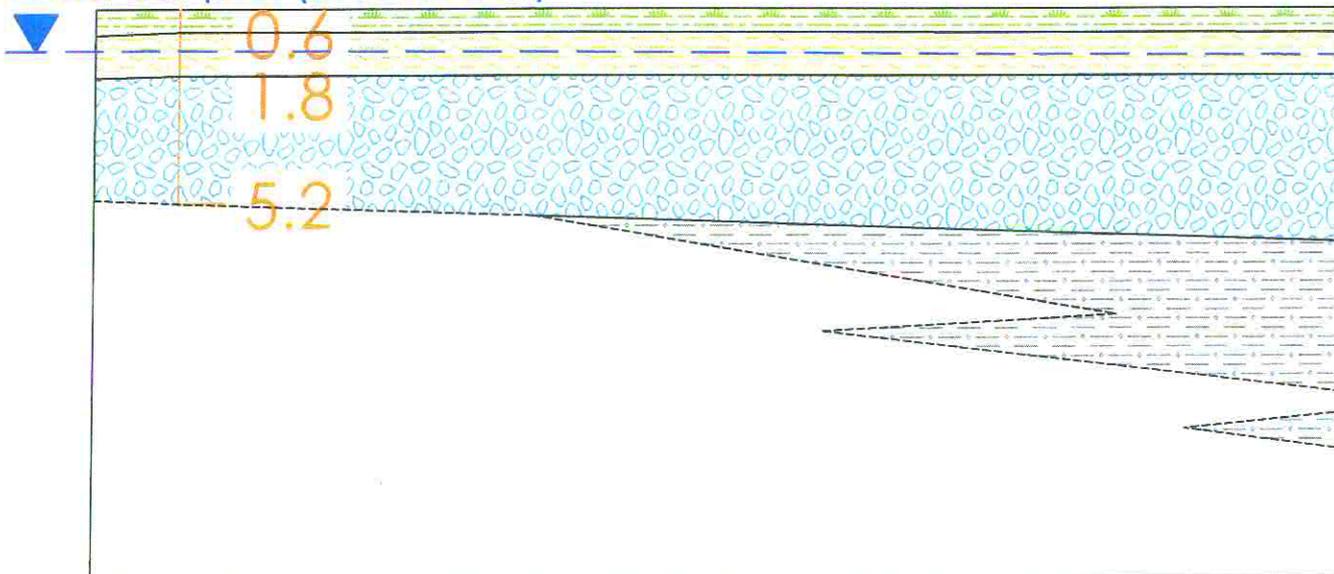
PROGETTO DI DEMOLIZIONE E PARZIALE  
AMPLIAMENTO DI FABBRICATI RESIDENZIALI  
E COSTRUZIONI DI FABBRICATI RESIDENZIALI

**SCHEMA LITOSTRATIGRAFICO A-A' E B-B'**

**A**

**CPT3**

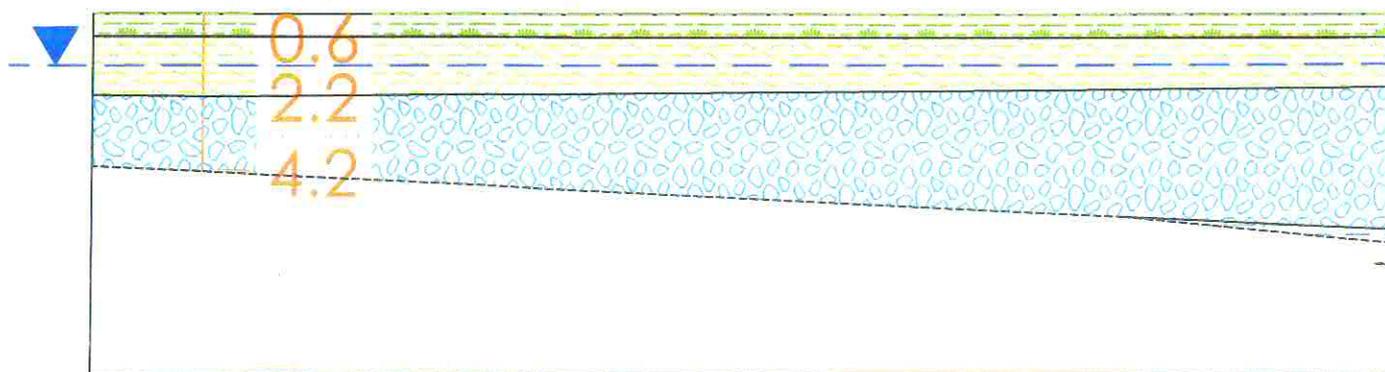
-1.1 m dal p.c. (27/04/2011)



**B**

**CPT1**

-1.4 m dal p.c. (27/04/2011)





**GEOCON**  
STUDIO ASSOCIATO PER LA  
GEOLOGIA E LA SICUREZZA

Commessa 1123/10  
**CEFIM S.P.A.**

***RELAZIONE GEOLOGICA***  
*D.M. 14/01/2008 – CIRC. LL.PP. 617/09*

ALLEGATO 7  
**INDAGINE SISMICA MASW**

---

**Dott. Angelo Curatolo**

Via Selva,132  
60037 Monte San Vito (AN)

e-mail: geo.curatolo@libero.it

C.F: CRTNGL75R24H926F

TEL. +39.328.02.82.743

P.IVA 02438330421

---



---

**INDAGINE GEOFISICA AD INTEGRAZIONE DELLA RELAZIONE GEOLOGICA  
ESEGUITA IN LOCALITA' PONTE SASSO NEL COMUNE DI FANO (PU)**

---

**Oggetto:** Indagine geofisica con tecnica *MASW*.

**Committente:** Studio Associato GEOCON

**Commessa:** 068A -11

---

Monte San Vito, lì 29 Aprile 2011

---

La presente relazione è ad uso esclusivo della pratica in oggetto. La pubblicazione integrale o di una sua parte è vietata senza il consenso dell'Autore.

## INDICE

1. PREMESSA .....	3
2. INDAGINE E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA .....	3
2.1 Strumentazione utilizzata.....	3
2.2 Indagine <i>MASW</i> : metodologia ed acquisizione.....	4
3. INTERPRETAZIONE E RISULTATI.....	6
3.1 Risultati delle analisi .....	7
3.2 Curva di dispersione .....	7
3.3 Profilo in sito.....	8
4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	12

## TAVOLE

TAV.1 Ubicazione stendimento sismico (scala 1:5.000)

Monte San Vito, 29 Aprile 2011

## 1. PREMESSA

Su incarico dello Studio Associato Geocon e per conto della società CEFIM S.p.A. è stata eseguita in data 27 Aprile 2011, una indagine geofisica mediante il metodo di analisi spettrale delle onde di superficie (Rayleigh) con tecnica MASW, presso la località Ponte Sasso nel Comune di Fano (PU).

L'utilizzo di tale metodologia ha permesso di ricavare le velocità delle onde di taglio S, le quali sono state utilizzate per il calcolo del valore del parametro  $V_{S30}$ , necessario per la definizione della categoria di suolo di fondazione (Nuove NTC -D.M. 14 gennaio 2008 s.m.i.).

## 2. INDAGINE E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Per la ricostruzione del modello geofisico del sito è stata eseguita un'indagine di sismica superficiale mediante il metodo di analisi spettrale delle onde di superficie (Rayleigh) con tecnica MASW.

### 2.1 Strumentazione utilizzata

L'attrezzatura e la strumentazione utilizzata è costituita da:

- un sistema di energizzazione per le onde P: la sorgente è costituita da una mazza del peso di 8 Kg battente verticalmente su piastra circolare in acciaio del diametro di 25 cm posta direttamente sul p.c. per la generazione prevalentemente di onde P e secondariamente di onde  $S_v$ , in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali;
- un sistema di ricezione: costituito da 24 geofoni verticali monocomponente del tipo elettromagnetico a bobina mobile a massa sospesa (peso della massa 12.2 gr) con frequenza propria 4.5 Hz (*Masw*), ovvero dei trasduttori di velocità in grado di tradurre in segnale elettrico la velocità con cui il suolo si sposta al passaggio delle onde sismiche longitudinali prodotte da una specifica sorgente;
- sistema di acquisizione dati: Sismografo *Geometrix* ES-2401 con memoria dinamica a 12 bit composto da 12 *dataloggers* a 2 canali ciascuno per un totale di 24 canali, n° 2 cavi sismici telemetrici di 60 m ciascuno, il sistema è in grado

di registrare su memoria il segnale proveniente da ciascun canale dal sistema di ricezione;

- un sistema di *trigger*: consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui la mazza colpisce la base di battuta (piastra metallica), consentendo ad un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e di produrre un impulso che viene inviato al sistema di acquisizione dati; in questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e fissare l'inizio della registrazione.

## 2.2 Indagine MASW: metodologia ed acquisizione

Il metodo MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) è una tecnica di indagine non invasiva che permette di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$ , sulla base della misura delle onde superficiali eseguita in corrispondenza di diversi sensori (geofoni nel caso specifico) posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di *Rayleigh*, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di *Rayleigh* sono dispersive (fenomeno della dispersione geometrica), cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (*Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. And Richards, P.G., 1980*) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di *Rayleigh* dipende dalla frequenza di propagazione.

La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

Il metodo di indagine MASW utilizzato è di tipo attivo in quanto le onde superficiali sono generate in un punto sulla superficie del suolo (tramite energizzazione con mazza battente parallelamente all'array) e misurate da uno stendimento lineare di sensori. Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 2-100Hz, quindi fornisce informazioni sulla parte più superficiale del suolo, generalmente compresa tra i 10m ed i 50m, in funzione della rigidità del suolo e

delle caratteristiche della sorgente e presenta una maggiore affidabilità per profondità di circa 20m.

. Il risultato finale del processo di elaborazione è il profilo verticale delle velocità delle onde S.

I vantaggi della tecnica M.A.S.W. possono essere così riassunti:

- particolarmente indicata per terreni attenuanti ed ambienti rumorosi;
- è in grado di evidenziare inversioni di velocità nel profilo di velocità;
- buona risoluzione.

Tali caratteristiche ne hanno reso particolarmente indicato l'uso nel sito in oggetto, caratterizzato dalla presenza di terreni alluvionali in cui le inversioni di velocità sono possibili e situato in un'area urbanizzata e quindi tipicamente rumorosa.

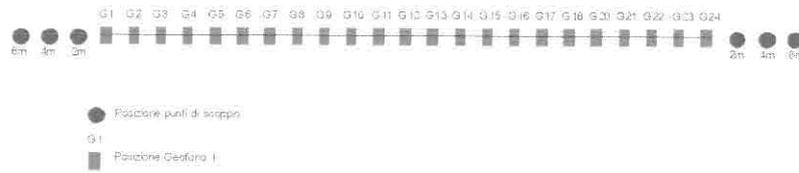
Schematicamente il processo di analisi è il seguente:

- Creazione dello spettro FK;
- Ricerca del miglior fittine fra la curva di dispersione sperimentale e la curva di dispersione teorica;
- Profilo di velocità delle onde s.

I limiti teorici del metodo MASW fanno riferimento ad un semispazio stratificato con strati paralleli e orizzontali ed omogenei, quindi una limitazione alla sua applicabilità potrebbe essere rappresentata sia dalla presenza di pendenze significative superiori a 20°. Nell'area indagata le condizioni sopra riportate sono quasi del tutto rispettate. Si rammenta in ogni caso che la valutazione delle velocità e degli spessori dei singoli strati viene effettuata con un margine di incertezza, insita proprio nei metodi geofisici, che si aggira generalmente attorno al 10-20 %.

La "copertura" dei tiri sulla base sismica è stata tale da consentire una corretta e dettagliata ricostruzione del campo di velocità locale fino alla profondità stabilita dall'indagine. L'elaborazione è stata eseguita tramite il *software MASW* (V. Roma, 2007). L'acquisizione è stata eseguita posizionando i 24 geofoni da 4.5 Hz, secondo la seguente configurazione spaziale e temporale:

- lunghezza stendimento ricevitori: 46.0 m
- n. geofoni: 24
- distanza intergeofonica: 2.0 m
- n. punti di energizzazione: 6
- offset sorgenti: 2.0 m, 4.0m e 6.0m
- durata acquisizione: 1024 ms e 2048ms
- intervallo di campionamento: 0.5 ms 1 ms



Schema 1 : geometria di acquisizione ed ubicazione punti di energizzazione.

### 3. INTERPRETAZIONE E RISULTATI

Nome del file delle tracce ..... 27102  
 Numero di ricevitori..... 24  
 Numero di campioni temporali ..... 1024  
 Passo temporale di acquisizione ..... 0,5ms  
 Numero di ricevitori usati per l'analisi..... 24  
 L'intervallo considerato per l'analisi comincia a ..... 0ms  
 L'intervallo considerato per l'analisi termina a ..... 1024ms  
 Coordinate Topografiche verticale **MASW: 43°47'07,34"N 13°06'48,39"E**

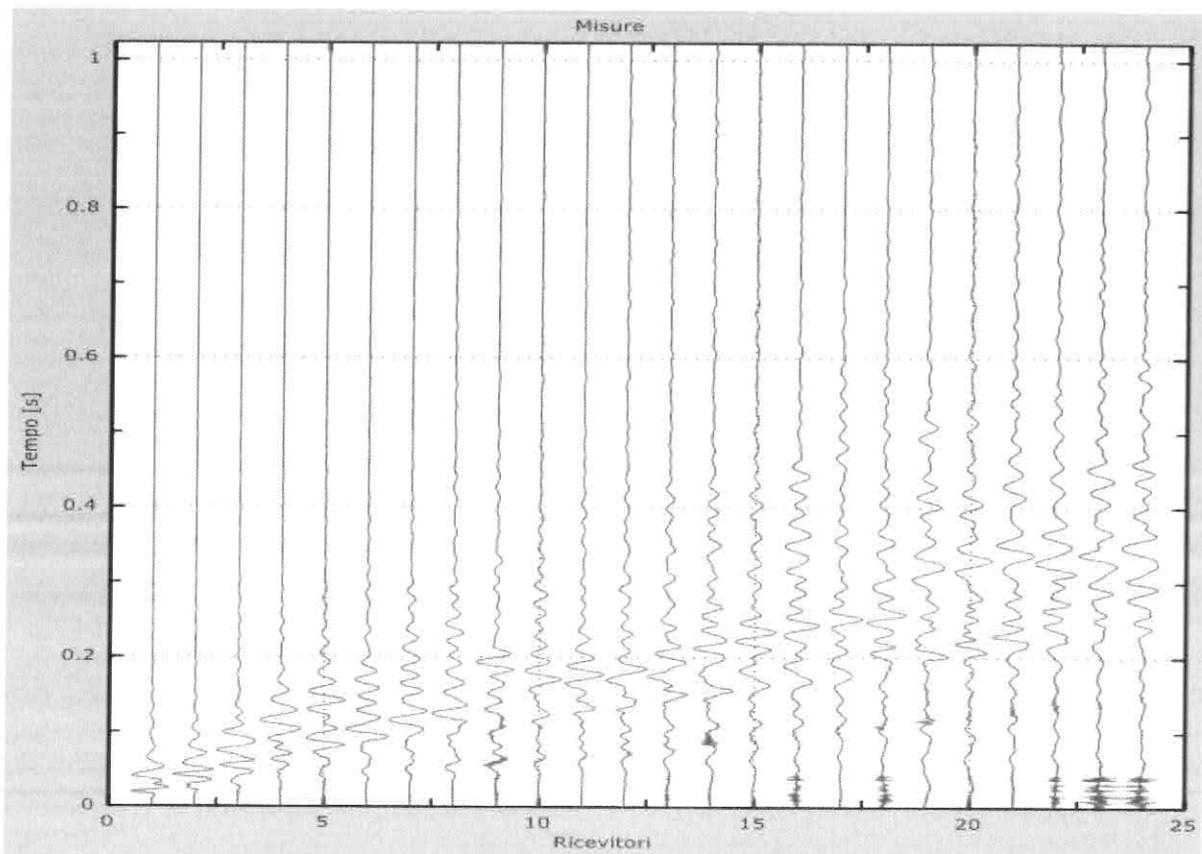


Figura 1: Tracce sperimentali

### 3.1 Risultati delle analisi

Frequenza finale .....50Hz

Frequenza iniziale .....02Hz

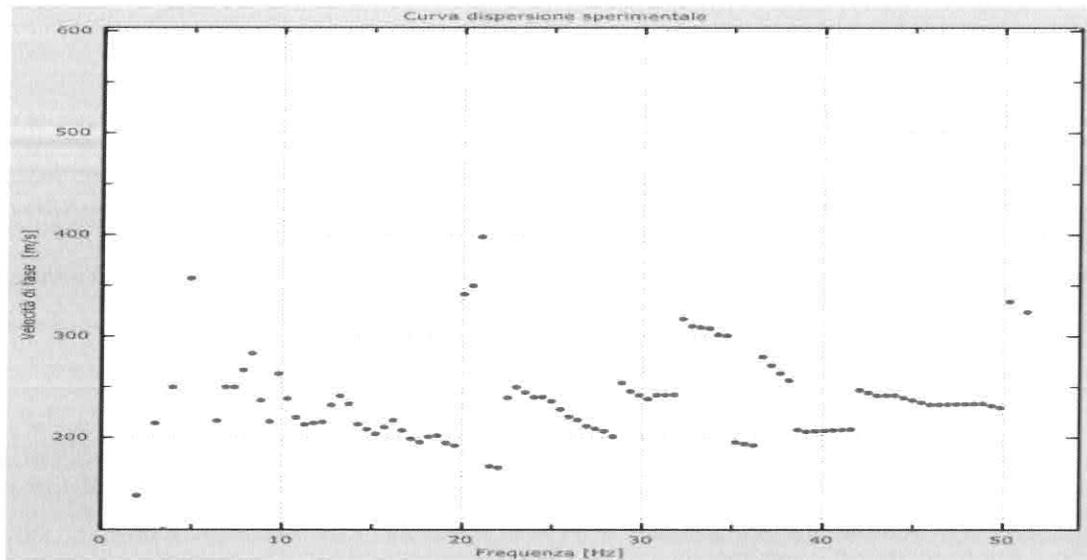


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

### 3.2 Curva di dispersione

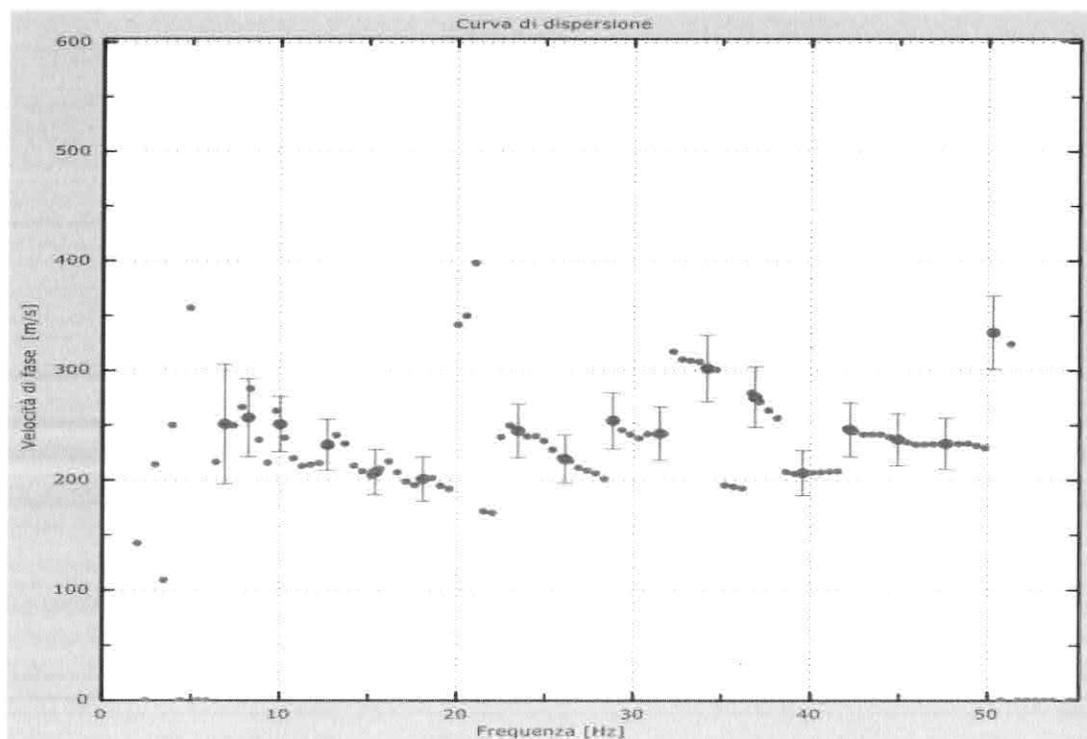


Figura 3: Curva di dispersione.

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
6.86577	250.975	196.636	305.314
8.198	256.881	221.443	292.32
10.0098	250.897	225.807	275.987
12.6953	232.143	208.929	255.357
15.3809	207.237	186.513	227.961
18.0664	201.087	180.978	221.196
23.4375	244.898	220.408	269.388
26.123	219.288	197.359	241.216
28.8086	254.31	228.879	279.741
31.4941	242.481	218.233	266.729
34.1797	301.724	271.552	331.897
36.8652	275.64	248.076	303.204
39.5508	206.633	185.969	227.296
42.2363	245.754	221.179	270.33
44.9219	237.113	213.402	260.825
47.6074	233.253	209.928	256.579
50.293	334.416	300.974	367.857

Tabella 1: Curva di dispersione

### 3.3 Profilo in sito

Numero di strati (escluso semispazio) .....	5
Spaziatura ricevitori [m] .....	2
Numero ricevitori .....	24
Numero modi .....	5
Numero iterazioni .....	5
Errore tra curva e curva sperimentale [%] .....	13
Offset shot.....	4m

**Strato 1: Terreno di riporto e rimaneggiato**

h [m].....	2
z [m].....	-2
Densità [kg/m <sup>3</sup> ].....	1800
Poisson .....	0.2
Vs [m/s].....	259.17
Vp [m/s] .....	423.22
Vs min [m/s].....	129.59
Vs max [m/s].....	518.34
Falda non presente nello strato	
Strato alluvionale	
Vs fin.[m/s] .....	259.170

**Strato 2: Ghiaia e sabbia molto addensata**

h [m].....	4
z [m] .....	-6
Densità [kg/m <sup>3</sup> ] .....	1850
Poisson .....	0.48
Vs [m/s].....	282.57
Vp [m/s] .....	1440.83
Vs min [m/s].....	141.28
Vs max [m/s].....	565.13
Falda presente nello strato	
Strato alluvionale	
Vs fin.[m/s] .....	282.570

**Strato 3: Limo argilloso molto sabbioso**

h [m].....	4
z [m] .....	-10
Densità [kg/m <sup>3</sup> ].....	1850
Poisson .....	0.48
Vs [m/s].....	257.94
Vp [m/s] .....	1315.24
Vs min [m/s].....	128.97
Vs max [m/s].....	515.87
Falda presente nello strato	
Strato alluvionale	
Vs fin.[m/s] .....	257.940

**Strato 4: Limo sabbioso debolmente argilloso**

h [m].....	8
z [m] .....	-18
Densità [kg/m <sup>3</sup> ].....	1900
Poisson .....	0.48
Vs [m/s].....	278.77
Vp [m/s] .....	1421.45
Vs min [m/s].....	139.39
Vs max [m/s].....	557.55
Falda presente nello strato	
Strato alluvionale	
Vs fin.[m/s] .....	278.770

**Strato 5: Limo e sabbia debolmente argillosa**

h [m].....	12
z [m] .....	-30
Densità [kg/m <sup>3</sup> ].....	1900
Poisson .....	0.48
Vs [m/s].....	278.86
Vp [m/s] .....	1421.91
Vs min [m/s].....	139.43
Vs max [m/s].....	557.72
Falda presente nello strato	
Strato alluvionale	
Vs fin.[m/s] .....	278.860

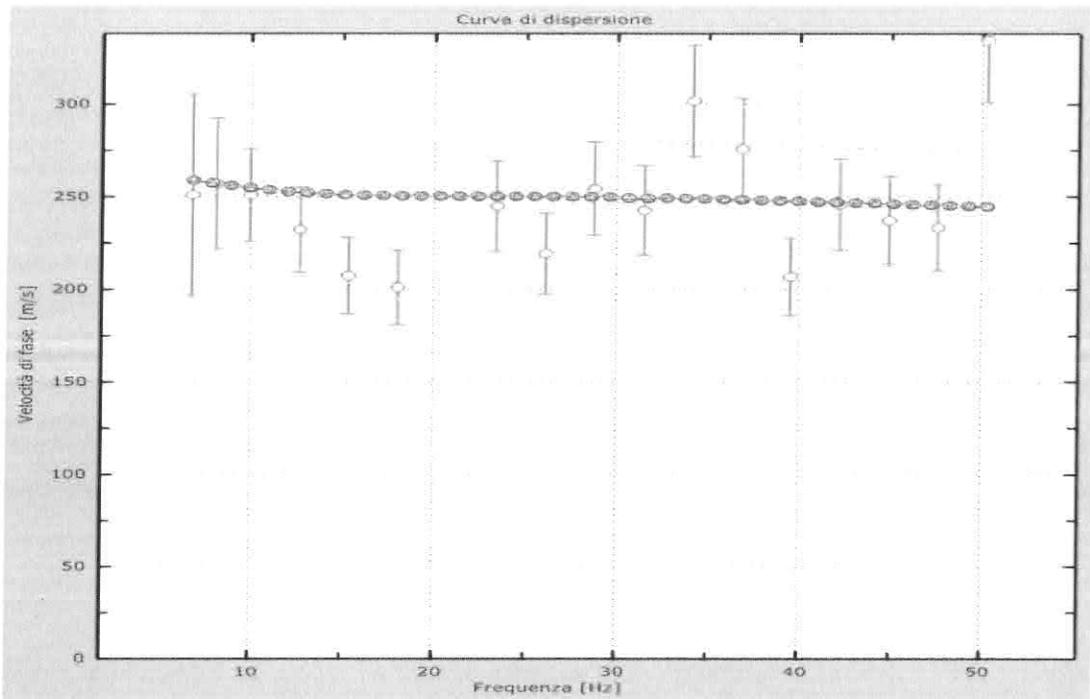


Figura 4: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso)

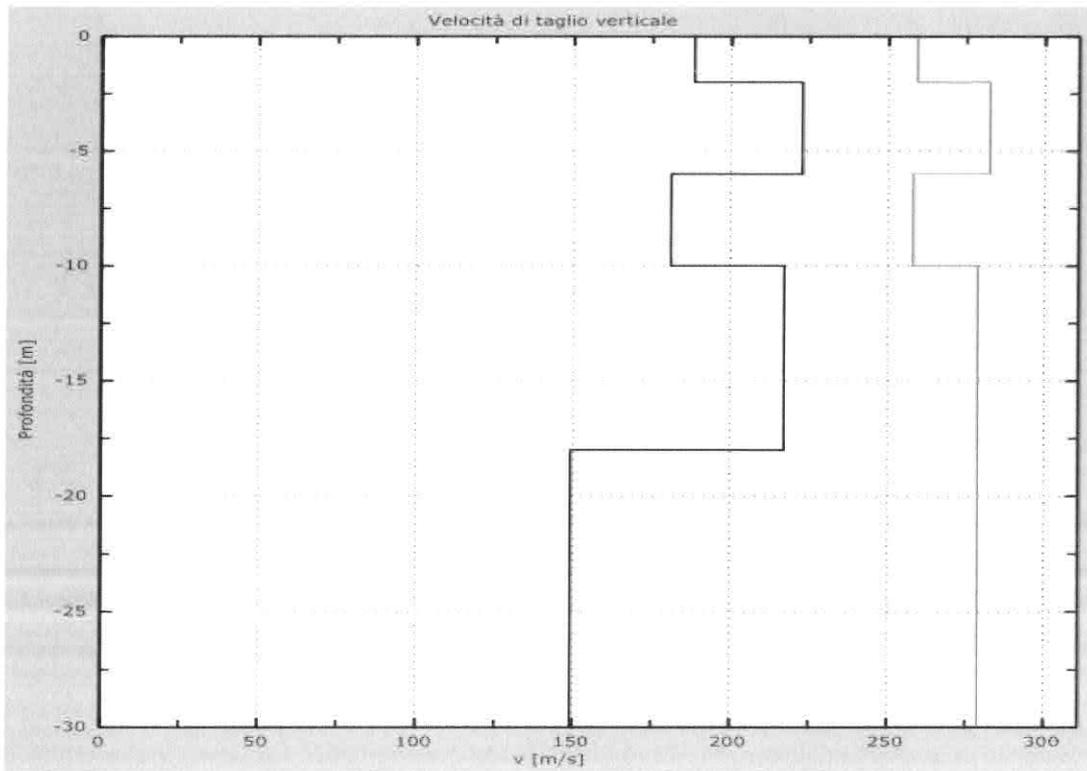


Figura 5: Velocità

#### 4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Su incarico dello Studio Associato Geocon e per conto della società CEFIM S.p.A. è stata eseguita in data 27 Aprile 2011, una indagine geofisica mediante il metodo di analisi spettrale delle onde di superficie (Rayleigh) con tecnica MASW, presso la località Ponte Sasso nel Comune di Fano (PU).

Tale indagine, scaturita da un'analisi comparativa su tutte le soluzioni disponibili, ha permesso di calcolare la velocità in  $V_s$  compresa nei primi 30,00 metri di profondità:

$$V_{s30} = 274 \text{ m/sec.}$$

- valore del parametro  $V_{s30}$  come previsto dalle Nuove NTC -D.M. 14 gennaio 2008 s.m.i..
- Il calcolo della velocità delle onde " $V_{s30}$ " è indicativo, non conoscendo la profondità esatta del piano di posa delle fondazioni.
- La categoria di sottosuolo calcolata, può essere S2 nel caso di terreno liquefacibile.
- Per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera.

**Categoria 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).

Monte San Vito, li 29 Aprile 2011

Il Responsabile  
(dott. geol. Angelo Curatolo)



## Appendice

### Tipo di suolo

Tipo A: Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di  $V_{s30}$  superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.

Tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto 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 360 m/s e 800 m/s (ovvero  $NSPT_{30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $cu_{30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina).

Tipo C: Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o di 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  $V_{s30}$  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).

Tipo D: Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  inferiori a 180 m/s (ovvero  $NSPT_{30} < 15$  nei terreni a grana grossa e  $cu_{30} < 70$  kPa nei terreni a grana fina).

Tipo E: Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con  $V_s > 800$  m/s).

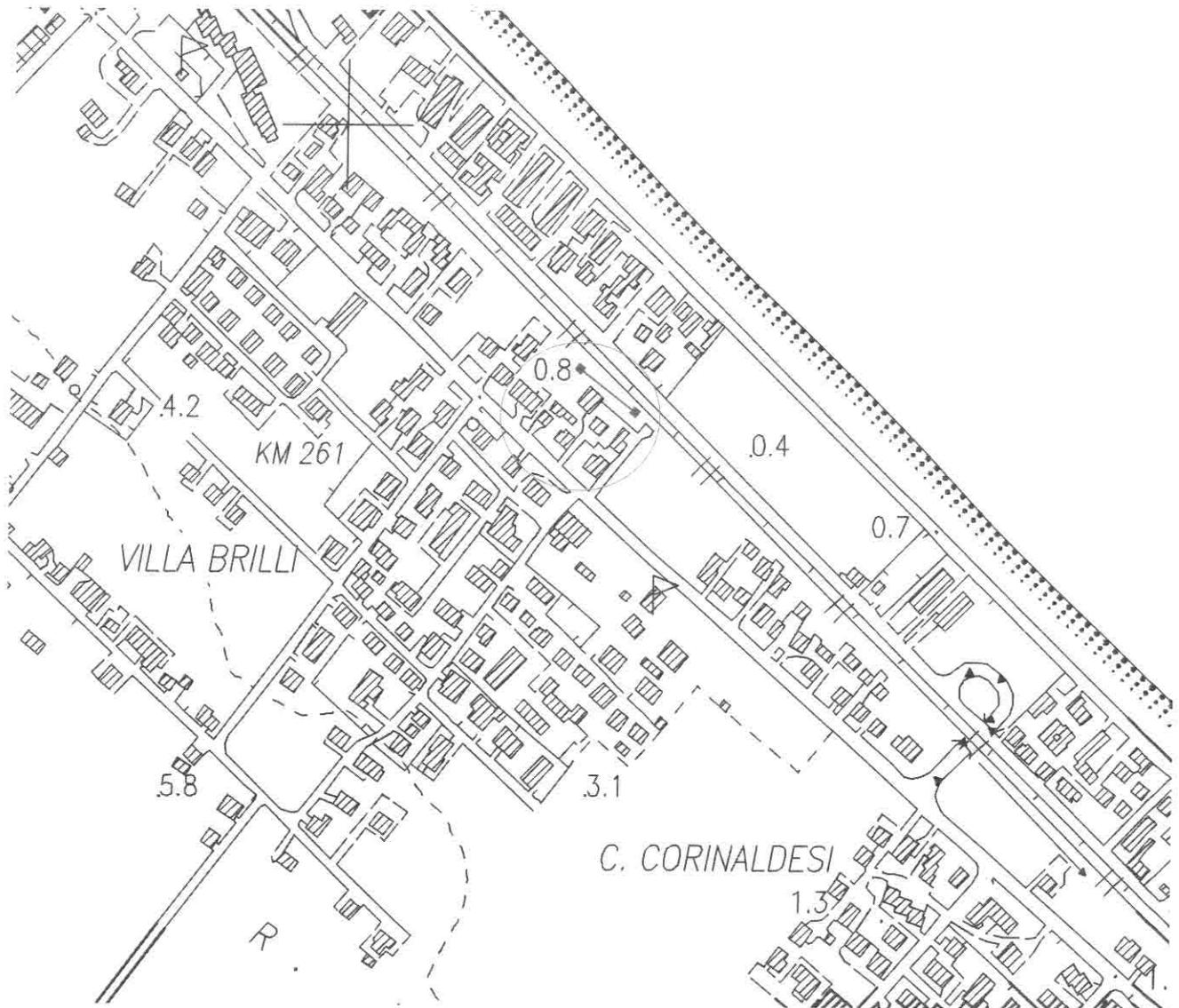
Tipo S1: Depositati costituiti da, o contenenti uno strato di almeno 10m di spessore, argille/limi soffici con un alto indice di plasticità ( $PI > 40$ ) e contenuto d'acqua

Tipo S2: Depositati di terreno liquefacibile o argille sensitive o altri profili di terreno non inclusi nei tipi A, B, C, D, E o S1. Attenzione: la nuova norma classifica come S2 una serie di siti che prima erano classificati come B, C, D, E.

# UBICAZIONE INDAGINE SISMICA

Strada Nazionale Adriatica - Località Ponte Sasso (PU)

Stralcio Sezione n°281020 C.T.R. Regione Marche



COORDINATA GEOGRAFICA: 43°47'07.34"N, 13°06'48.39"E

Scala 1:5.000

Legenda:



Ubicazione stendimento "MASW"



Area di Indagine

**TAVOLA 1**



**GEOCON**  
STUDIO ASSOCIATO PER LA  
GEOLOGIA E LA SICUREZZA

Commessa 1123/10  
**CEFIM S.P.A.**

***RELAZIONE GEOLOGICA***  
*D.M. 14/01/2008 - CIRC. LL.PP. 617/09*

# ALLEGATO 8

# **STRALCI PROGETTUALI**

