

INGEO SINTESI srl
Via Pola, 24 – 36040 Torri di Quartesolo VI
Tel. 0444 26.74.06 fax. 0444.26.94.55.
e-mail ingeo@ingeosintesi.it , mchendi@ingeosintesi.it

**INGEO
SINTESI**

REGIONE VENETO

PROVINCIA DI VICENZA

COMUNE DI
VICENZA

IL DIRETTORE SETTORE URBANISTICA
dott. Ugo Guarti

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO (P.U.A.)
"STRADA DELLA PAROLINA – LOCALITÀ
BERTESINA" NEL COMUNE DI VICENZA

ALLEGATO ALLA DELIB. DI G.C.
N. 5 DEL 19/1/2016
IL PRESIDENTE
F.to VARIATI
IL SEGRETARIO GEN.LE
F.to CAPOREINO

Relazione di compatibilità geologica e geomorfologica e idrogeologica

Ai sensi della L.R. 23/04/2004 n°11 – Norme per il governo
del territorio) e comprendente

**RELAZIONE GEOTECNICA PER LA STRADA
DI LOTTIZZAZIONE (Norme CNR UNI 10006)**



Maurizio Chendi



COMMITTENTE
SIG. DAL DOSSO GIUSEPPE



Maurizio Chendi

Dott. geol. Maurizio Chendi

TORRI DI QUARTESOLO 20 GENNAIO 2012

Dal Dosso

INDICE

1. PREMESSA
2. SITUAZIONE GEOMORFOLOGICA
3. SITUAZIONE GEOLOGICA GENERALE
4. MODELLO GEOTECNICO
5. SITUAZIONE IDROGEOLOGICA
6. STRADA DI LOTTIZZAZIONE – NORME UNI 10006
7. CLASSIFICAZIONE Dei TERRENI IN ZONA SISMICA
8. CONCLUSIONI.

FIGURE NEL TESTO

- COROGRAFIA scala 1:10.000
- UBICAZIONE INDAGINI IN SITO E TRACCIA DELLE SEZIONI GEOLOGICHE
- SCHEMA DELLE CORRELAZIONI STRATIGRAFICHE SEZIONE A-A' E B-B'
- CARTA IDROGEOLOGICA LOCALE – FREATIMETRIA DEL 21-12-2011

ALLEGATI A FINE RELAZIONE

ALLEGATO 1:

- METODI D'INTERPRETAZIONE DELLE PROVE PENETROMETRICHE STATICHE
- TABULATI E DIAGRAMMI PENETROMETRICI
- STRATIGRAFIA DEI SONDAGGI
- METODI PER IL CALCOLO DELLE VS SU CPT 5

ALLEGATO 2:

- RAPPORTI DELLE ANALISI GEOTECNICHE DI LABORATORIO

ALLEGATO 3:

- INDAGINE SISMICA CON TECNICHE ATTIVE “MASW” E PASSIVE (MICROTREMORI) A CURA DEL DOTT. GEOL. FRANCESCO MARINONI.

1.- PREMESSA

1.1.- Su incarico del Sig. *Dal Dosso Giuseppe* abbiamo eseguito una indagine finalizzata alla “ *verifica di compatibilità geologica, geomorfologica e idrogeologica*” ai sensi della L.R. n° 11 del 23 aprile 2004 a corredo del “ *Piano Urbanistico Attuativo- Strada della Parolina – località Bertesina,*” in Comune di Vicenza

COROGRAFIA 1:10000 - da C.T.R. sez. 125040 QUINTO VICENTINO

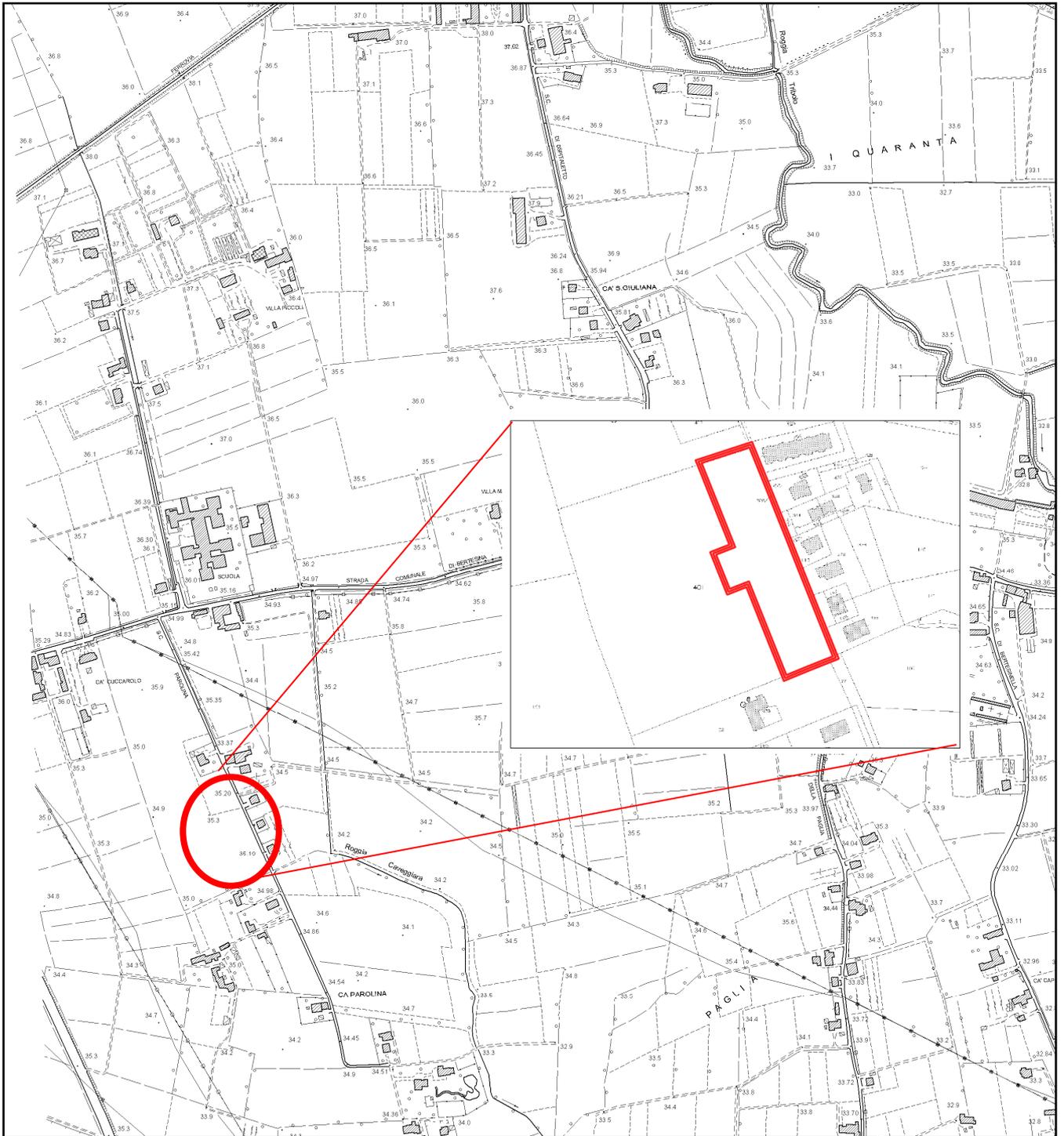
1.2.- Il sito oggetto d’indagine si colloca in Via Parolina su un’area di circa 6.034 m² .

Sono state effettuate le seguenti indagini:

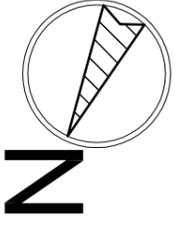
- n° 5 *prove penetrometriche statiche (CPT)* per la caratterizzazione stratigrafica e geotecnica di massima dei terreni;
- n° 2 *sondaggi a rotazione con coclea* per determinare della situazione litostratigrafica dei terreni e tarare le prove CPT;
- prelievo di n° 2 campioni di terreno ed analisi chimiche di laboratorio per la caratterizzazione ambientale del sito;
- prelievo di n°2 campioni di terreno e prove geotecniche di laboratorio per la classificazione delle terre ai fini stradali
- *indagine sismica* con tecnica attiva “MASW” e passiva (microtremori) per la determinazione della categoria del suolo ai fini della definizione dell’azione sismica.

I punti di indagine sono stati quotati con riferimento al rilievo plani-altimetrico di progetto fornito dalla committenza con c.s. ± 0.00 m posto al centro strada di Via Parolina. La situazione morfologica, geologica e idrogeologica generale è stata valutata dalle prove eseguite e, con metodo osservazionale, dal rilievo geologico di superficie; sono state altresì valutate le condizioni di progetto in relazione alla situazione geologica rilevata. I punti di indagine e la traccia delle sezioni geologiche sono riportate di seguito nella Figura “*UBICAZIONE INDAGINI IN SITO E TRACCIA DELLE SEZIONI GEOLOGICHE*”.

I tabulati, i diagrammi delle prove penetrometriche, sono allegati a fine relazione.



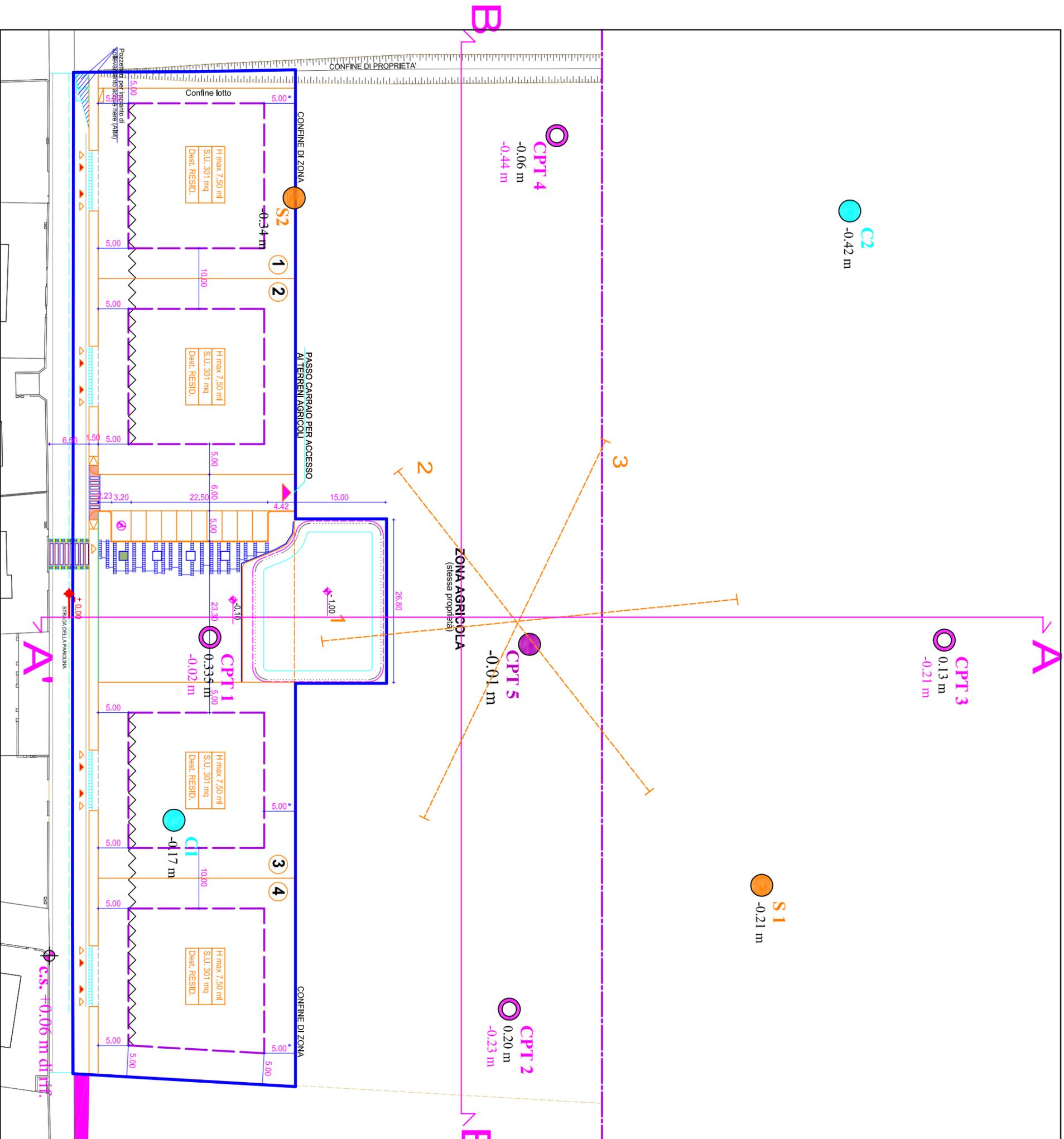
– COROGRAFIA –
ESTRATTO DA CTR SEZ. 125040 – QUINTO VICENTINO
SCALA 1:10000



LEGENDA

- 
CPT 5
 -0.01 m
 Prova penetrometrica statica
 - quota p.c. da c.s. +0.06 m di rif.
- 
CPT 2
 0.20 m
 -0.23 m
 Prova penetrometrica statica con piezometro
 - quota b.p. da c.s. +0.06 m di rif.
 - quota p.c. da c.s. +0.06 m di rif.
- 
S 1
 -0.21 m
 Sondaggio geognostico
 - quota p.c. da c.s. +0.06 m di rif.
- 
C1
 -0.17 m
 Campione ambientale
 - quota p.c. da c.s. +0.06 m di rif.
- 
 c.s. +0.06 m di rif.
- 
3
 Profilo sismico attivo "MASW"
- 
B B' B'
 Traccia della sezione geologica

scala grafica



UBICAZIONE INDAGINI IN SITO E TRACCIA DELLE SEZIONI GEOLOGICHE

2.- SITUAZIONE GEOMORFOLOGICA

2.1.- Il sito d'interesse si colloca lungo via Parolina ad Est del centro della città di Vicenza e vi si accede dalla strada per Bertesina.

L'area è pianeggiante con quota media dei terreni, con riferimento alla carta tecnica regionale (C.T.R.), di 35.20 m slm; attualmente in terreni sono coltivati a prativo. La zona risulta delimitata sul lato Est da via Parolina con insediamenti abitativi mentre sui rimanenti lati confina con aree non urbanizzate ad uso agricolo.

L'area non evidenzia rischio per ristagno prolungato di acque meteoriche le quali risultano prevalentemente drenate verso sud convergendo in un fossato; lungo il confine Ovest dell'area in esame è presente un'altra linea di impluvio comunque non adeguata ad intercettare e drenare acque meteoriche. Nel caso di eventi meteorici importanti, con valori superiori alla piovosità media, considerando che la falda è subsuperficiale e stazionando la stessa mediamente a profondità comprese tra 0.96 m 1.36 m dal p.c., i terreni potranno risultare completamente saturi fino al p.c. e, nel caso di mancato deflusso del fosso posto a Sud, si potranno verificare tracimazioni con conseguente allagamento dei terreni limitrofi. Nel complesso non sono prevedibili fenomeni di dissesto se non limitati ad interventi che possono intercettare la falda sub superficiale.

3.- SITUAZIONE GEOLOGICA GENERALE

3.1.- *Situazione geologica generale:* L'area di lottizzazione è localizzata in bassa pianura, a valle della linea meridionale delle risorgive, su terreni alluvionali caratterizzati da alternanze di terreni mediamente fini dalle sabbie, alle argille deposti dai corsi d'acqua locali quando privi di arginature potevano liberamente esondare. Il materasso alluvionale è caratterizzato dalla presenza di materiali derivanti prevalentemente dalle esondazioni del T. Astico le quali comunque spesso si anastomizzano con quelle del F. Brenta che in seguito a divagazioni postglaciali ha interessato anche il territorio vicentino. Si riporta di seguito (figura 1) una sezione geologica strutturale della pianura dalla quale si evince una alternanza di livelli, più o meno spessi, di terreni fini dalle argille alle sabbie, che in profondità passano alle ghiaie, fino ad intercettare il substrato ad oltre 200 m dal p.c..

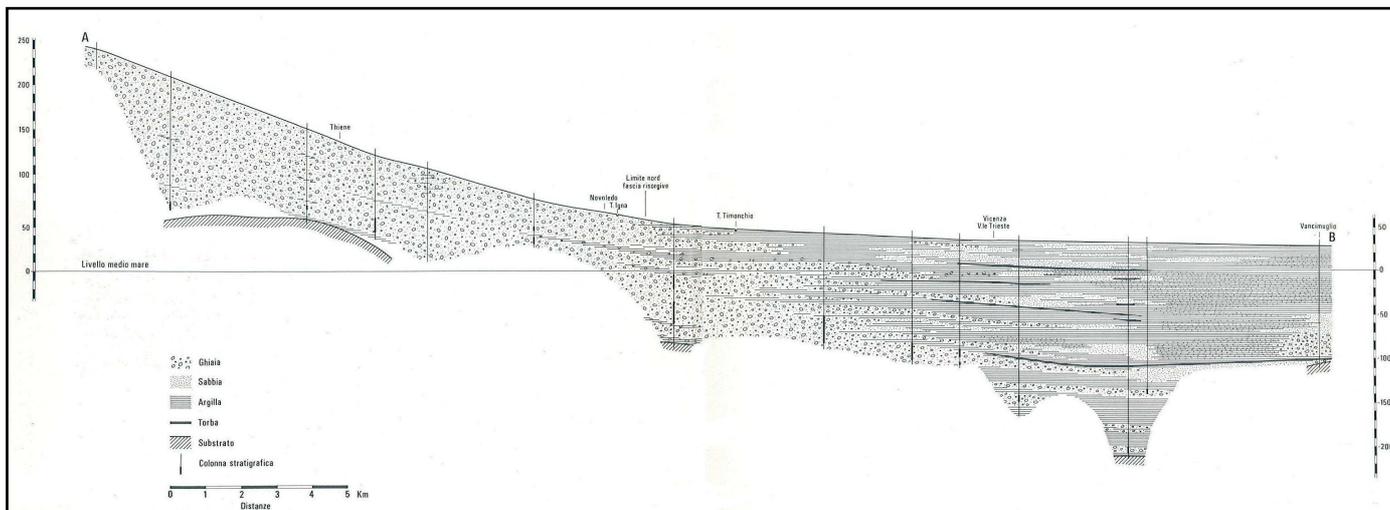


Figura 1: Profilo geostrutturale

3.2.- La situazione stratigrafica media dell'area è stata desunta dalle prove penetrometriche e dai sondaggi geognostici e risulta caratterizzata da sabbie con intercalazioni frequenti di livelli argillosi, anche di spessore metrico, fino a circa 14.00 m da p.c.; seguono sabbie e sabbie limose prevalenti con intercalazioni argillose di spessore modesto fino alla massima profondità indagata (30.00 m da p.c.).

4.- MODELLO STRATIGRAFICO - GEOTECNICO

4.1.- Indagini eseguite

Al fine di conoscere le caratteristiche geotecniche dei terreni sono state eseguite :

- n.5 prove penetrometriche statiche (CPT) spinte fino alla profondità di 10.00 m (CPT1-2-3-4) e 30.00 m (CPT 5);
- n° 2 sondaggi geognostici spinti fino a 4.00 m da p.c. (S1-S2).

Sono riportati in ALLEGATO1 a fine relazione i tabulati e i diagrammi della prove CPT e la stratigrafia del sondaggio

4.2.- Metodi per la determinazione dei parametri geotecnici

La scelta dei valori caratteristici dei parametri geotecnici dei terreni indagati avviene in tre fasi:

1. identificazione dei parametri geotecnici appropriati ai fini progettuali;
2. determinazione dei valori dei parametri geotecnici scelti secondo vari Autori e desumibili dalla tipologia delle prove eseguite in sito;
3. determinazione dei valori caratteristici dei parametri scelti, con attendibilità adeguata al grado di approfondimento.

I parametri geotecnici identificati e appropriati a questa fase progettuale, desunti dalle prove penetrometriche CPT, sono:

- ***Coesione non drenata (Cu)***
- ***Angolo di resistenza al taglio (φ°)***
- ***Densità relativa (Dr%)***

La determinazione dei parametri geotecnici dei terreni è stata effettuata con i seguenti metodi:

- ***Coesione non drenata - Cu***
 - *Metodo di Lunne ed Eide (Cu₁)*
- ***Angolo di resistenza al taglio***
 - *Metodo di Durgunoglu & Mitchell (1975)-Robertson & Campanella (1983) – Chen & Juang (1996) (φ_1)*
 - *Metodo di De Beer, Caquot e Koppejan (φ_2)*

Poiché lo stato tensionale indotto dalla penetrazione del cono del penetrometro statico può essere molto alto, i valori degli angoli d'attrito (φ°) calcolati con i metodi sopra elencati risultano talora sovrastimati; è stato quindi opportuno talora correggere i valori stimati con un fattore di correzione $\Delta\varphi^\circ$ da sottrarre al valore di φ° .

Tale fattore è calcolato con il :

- *Metodo di Chen & Juang derivato dai fattori di riduzione di Meing*

- Densità relativa Dr%

- *Metodo di Lancellotta (1991) (Dr₁)*
- *Metodo Tanizawa (1990) (Dr₂)*

La descrizione dei metodi è riportata in ALLEGATO 1 a fine relazione.

Nelle tabelle a seguire i valori dei parametri geotecnici indicati sono stati scelti considerando la media di quelli trovati con i vari metodi o comunque il valore determinato con il metodo più appropriato per la natura del materiale in esame o il valore medio più rappresentativo basato anche su specifiche esperienze.

4.3.- *Modello stratigrafico - geotecnico*

Di seguito si riporta la situazione stratigrafica di dettaglio indicando per ogni livello il valore stimato del parametro geotecnico medio più rappresentativo.

- **Livello A: da p.c. a – 0.60 m**
Terreno vegetale agrario aerato e terreno argilloso limoso comunque interessato dalle condizioni meteo climatiche.
- **Livello B: da – 0.60 m a – (2.40 ÷ 3.00) m**
Sabbie limose prevalenti e localmente limi sabbiosi

PROVA	da (-m)	a (-m)	Rp max (daN/cm ²)	Rp min (daN/cm ²)	Rp med (daN/cm ²)	φ° medio	Dr %
CPT 1	0.60	2.60	46	12	29	31°	49
CPT 2	0.60	2.80	49	16	27	32°	50
CPT 3*	0.60	1.80	28	14	21	31°	43
CPT 4	0.80	2.40	40	16	29	31°	51
CPT 5*	0.60	2.40	38	18	27	30°	46

* nelle verticali CPT 3 e CPT 5 il tratto finale del livello B è costituito da sabbie per uno spessore di circa 0.60 m aventi un angolo d'attrito medio $\varphi^{\circ}_{medio} = 34^{\circ}$ e una densità relativa Dr compresa fra 75 % (CPT 3) e 78 % (CPT 5).

Da questo livello (B) sono stati prelevati n° 2 campioni (S1-C1 e S2-C1), rispettivamente nei sondaggi S1 e S2, per la classificazione geotecnica dei terreni superficiali. I sondaggi confermano la presenza di sabbia limosa con probabile presenza di sabbia ghiaiosa di colore bruno rosso fino alla profondità di 2.80 m e 3.00 m dal p.c.; seguono argille grigie fino alla massima profondità indagata con intercalazioni torbose fra 3.60 m e 4.00 m in S 2

La stratigrafia dei sondaggi è riportata in ALLEGATO 1 a fine relazione

Nella tabella a seguire si riportano i risultati delle prove di laboratorio eseguite sui due campioni .

Campione	S1-C1	. S2-C1
Profondità	da 0.60 m a 1.50 m	da 0.50 m a 1.50 m
Composizione granulometrica		
frazione passante al vaglio 2.00 mm	98 %	100 %
frazione passante al vaglio 0.40 mm	63 %	73 %
frazione passante al vaglio 0.075mm	16 %	25 %
Limiti sul passante al vaglio 0.075mm		
Wl	26	21
Wp	24	44
Indici sul passante al vaglio 0.075mm		
Ip	2	6
Ig	0	0
Classificazione UNI 10006	A2-4	A2-4

Il materiale passante al vaglio 0.075 mm dalla carta di Plasticità di Casagrande viene definito: *limo inorganico di bassa compressibilità - Classe – ML-OL* (Fig. 2).

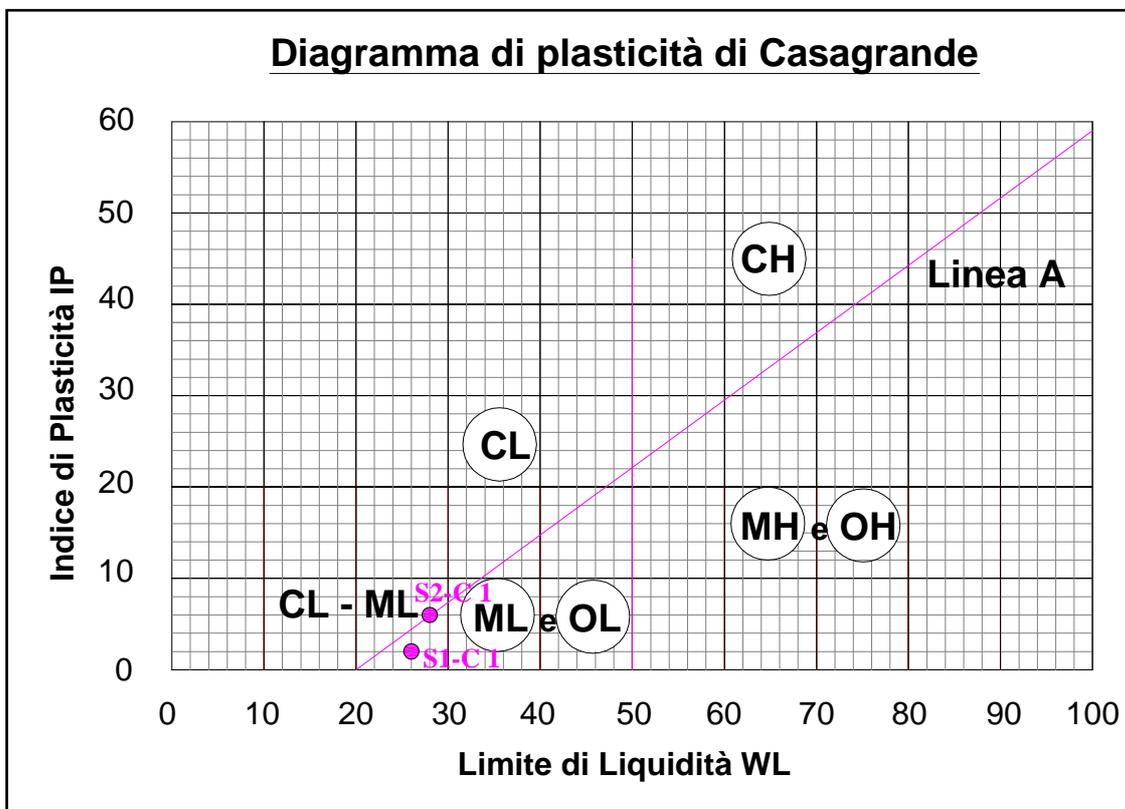


Fig. 2: Diagramma di plasticità di Casagrande

I due campioni analizzati si classificano come : **sabbia limosa**

I rapporti delle analisi geotecniche di laboratorio sono riportate in ALLEGATO 2 a fine relazione

• **Livello C: da – (2.40 ÷ 3.00) m a – (5.40 ÷ 6.00) m**

Argille prevalenti; localmente con intercalazioni di limi argillosi (CPT 2-3)

PROVA	da (-m)	a (-m)	Rp max (daN/cm ²)	Rp min (daN/cm ²)	Rp med (daN/cm ²)	Cu (KPa)
CPT 1	2.60	5.80	18	3	9	40
CPT 4	2.40	5.80	16	6	9	40
CPT 5	2.40	5.40	16	3	8	35

Lungo le verticali CPT 2 e CPT 3, il Livello C si divide in sottolivelli; di seguito vengono descritti i sottolivelli lungo le due verticali indagate:

CPT 2

- **Sottolivello C^I: da –2.80 m a – 4.80 m**
Argille
- **Sottolivello C^{II}: da – 4.80 m a – 5.40 m**
Limi, limi sabbiosi .
- **Sottolivello C^{III}: da – 5.40 m a – 6.00 m**
Argille.

SOTTOLIVELLO	da (-m)	a (-m)	Rp max (daN/cm ²)	Rp min (daN/cm ²)	Rp med (daN/cm ²)	φ° medio	Dr %	Cu (KPa)
C^I	2.80	4.80	14	3	6			30
C^{II}	4.80	5.80	34	30	32	29°	55	
C^{III}	5.40	6.00	9	3	6			30

CPT 3

- **Sottolivello C^I: da -2.60 m a - 4.80 m**
Argille
- **Sottolivello C^{II}: da - 4.80 m a - 5.60 m**
Limi, limi sabbiosi .

SOTTOLIVELLO	da (-m)	a (-m)	Rp max (daN/cm ²)	Rp min (daN/cm ²)	Rp med (daN/cm ²)	φ° medio	Dr %	Cu (KPa)
C ^I	2.60	4.80	17	1	7			30
C ^{II}	4.80	5.60	70	26	44	29°	50	

- **Livello D: da - (5.40 ÷ 6.00) m a - (10.00 ÷ 10.60) m**
Sabbie con locali alternanze di limi e argille verso il basso
Il livello D si suddivide in sottolivelli; di seguito vengono descritti i sottolivelli lungo le verticali indagate:

CPT 1

- **Sottolivello D^I: da -5.80 m a - 8.00 m**
Sabbie limose e limi sabbiosi
- **Sottolivello D^{II}: da - 8.00 m a - 10.00 m (fine prova)**
Sabbie, sabbie con ghiaia .

SOTTOLIVELLO	da (-m)	a (-m)	Rp max (daN/cm ²)	Rp min (daN/cm ²)	Rp med (daN/cm ²)	φ° medio	Dr %
D ^I	5.80	8.00	70	36	55	29°	55
D ^{II} *	8.00	10.00	168	75	106	31°	70

* fine prova

CPT 2

- **Sottolivello D^I: da -6.00 m a - 7.40 m**
Sabbie e sabbie limose
- **Sottolivello D^{II}: da - 7.40 m a - 8.20 m**
Argille .
- **Sottolivello D^{III}: da - 8.20 m a - 9.40 m**
Limi, limi sabbiosi .
- **Sottolivello D^{IV}: da - 9.40 m a - 10.00 m (fine prova)**
Sabbie, sabbie limose .

SOTTOLIVELLO	da (-m)	a (-m)	Rp max (daN/cm ²)	Rp min (daN/cm ²)	Rp med (daN/cm ²)	φ° medio	Dr %	Cu (KPa)
D ^I	6.00	7.40	68	28	57	29°	55	
D ^{II}	7.40	8.20	16	5	11			50
D ^{III}	8.20	9.40	37	16	29	25°	30	
D ^{IV} *	9.40	10.00	80	60	70	31°	56	

* fine prova

CPT 3

- **Sottolivello D^I: da -5.80 m a - 7.80 m**
Sabbie e sabbie limose/ limi sabbiosi
- **Sottolivello D^{II}: da - 7.80 m a - 10.00 m (fine prova)**
Argille.

SOTTOLIVELLO	da (-m)	a (-m)	Rp max (daN/cm ²)	Rp min (daN/cm ²)	Rp med (daN/cm ²)	φ° medio	Dr %	Cu (KPa)
D ^I	5.80	7.80	111	51	81	31°	66	
D ^{II} *	7.80	10.00	20	3	10			45

* fine prova

CPT 4

- **Sottolivello D^I: da -5.80 m a - 7.80 m**
Sabbie limose e limi sabbiosi
- **Sottolivello D^{II}: da - 7.80 m a - 10.00 m (fine prova)**
Sabbie, sabbie con ghiaia.

SOTTOLIVELLO	da (-m)	a (-m)	Rp max (daN/cm ²)	Rp min (daN/cm ²)	Rp med (daN/cm ²)	φ° medio	Dr %
D^I	5.80	7.80	80	13	47	30°	50
D^{II} *	7.80	10.00	142	68	111	33°	72

* fine prova

CPT 5

- **Sottolivello D^I: da -5.40 m a - 10.60 m**
Sabbie limose e limi sabbiosi

SOTTOLIVELLO	da (-m)	a (-m)	Rp max (daN/cm ²)	Rp min (daN/cm ²)	Rp med (daN/cm ²)	φ° medio	Dr %
D^I	5.40	10.60	138	38	92	33°	65

- **Livello E: da - 10.60 m a - 13.60 m**

Argille:

PROVA	da (-m)	a (-m)	Rp max (daN/cm ²)	Rp min (daN/cm ²)	Rp med (daN/cm ²)	Cu (KPa)
CPT 5	10.60	13.60	23	8	13	60

- **Livello F: da - 13.60 m a - 20.00 m**

Sabbie prevalenti con intercalazioni di argille, argille limose
 Lungo la verticale CPT 5, il livello F si divide in sottolivelli; di seguito vengono descritti i sottolivelli lungo la verticale CPT 5 indagata:

- **Sottolivello F^I: da -13.60 m a - 15.80 m**
Sabbie, sabbie con ghiaia
- **Sottolivello F^{II}: da - 15.80 m a - 16.60 m**
Argille, argille limose .
- **Sottolivello F^{III}: da - 16.60 m a - 20.00 m**
Sabbie, sabbie limose

SOTTOLIVELLO	da (-m)	a (-m)	Rp max (daN/cm ²)	Rp min (daN/cm ²)	Rp med (daN/cm ²)	φ° medio	Dr %	Cu (KPa)
F ^I	13.60	15.80	226	78	155	32°	74	
F ^{II}	15.80	16.60	30	15	22			80
F ^{III}	16.60	20.00	166	33	104	30°	60	

- **Livello G: da – 20.00 m a – 22.00 m**

Argille, argille limose

PROVA	da (-m)	a (-m)	Rp max (daN/cm ²)	Rp min (daN/cm ²)	Rp med (daN/cm ²)	Cu (KPa)
CPT 5	20.00	22.00	32	8	18	80

- **Livello H: da – 22.00 m a – 30.00 m**

Alternanze di sabbie, sabbie limose e argille limose

Lungo la verticale CPT 5, il livello H si divide in sottolivelli; di seguito vengono descritti i sottolivelli lungo la verticale CPT 5 indagata:

- **Sottolivello H^I: da –22.00 m a – 25.20 m**
Sabbie limose e limi sabbiosi
- **Sottolivello H^{II}: da – 25.20 m a – 25.80 m**
Argille limose .
- **Sottolivello H^{III}: da – 25.80 m a – 27.20 m**
Limi, limi sabbiosi .
- **Sottolivello H^{IV}: da – 27.20 m a – 30.00 m (fine prova)**
Sabbie limose e limi sabbiosi..

SOTTOLIVELLO	da (-m)	a (-m)	Rp max (daN/cm ²)	Rp min (daN/cm ²)	Rp med (daN/cm ²)	φ° medio	Dr %	Cu (KPa)
H ^I	22.00	25.20	130	24	75	25°	45	
H ^{II}	25.20	25.80	27	17	23			80
H ^{III}	25.80	27.20	64	35	49	22°	30	
H ^{IV} *	27.20	30.00	160	73	120	28°	57	

* fine prova

La situazione geologico-stratigrafica è evidenziata di seguito nella figura a seguire “SCHEMA DELLE CORRELAZIONI STRATIGRAFICHE”.

Le sezioni geologiche sono state impostate sulle sezioni di progetto al fine di confrontare gli interventi con la condizioni stratigrafiche. Le sezioni geologiche elaborate (Sezione A-A' e B-B') evidenziano arealmente una situazione stratigrafica pressoché omogenea.

5.- SITUAZIONE IDROGEOLOGICA

5.1.- Il sito in esame si colloca, dal punto di vista idrogeologico, nella media-bassa pianura dove spessi livelli argillosi differenziano falde sovrapposte e confinate in profondità; superficialmente sono presenti falde freatiche e semifreatiche tra loro interconnesse.

Il livello statico della falda è stato rilevato nei piezometri a tubo aperto infissi in corrispondenza delle prove penetrometriche CPT 1-2-3-4 .

In data 21/12/2011 sono state eseguite le misure di falda ai piezometri ; nella tabella a seguire sono riportati i risultati:

Piezometro	Quota bocca piez. b.p. (m)	Quota p.c. (m)	Prof. falda m da b.p.	Prof. falda m da p.c.	Quota falda (-m)
Pz1	+0.335	-0.020	1.720	1.365	-1.385
Pz2	+0.200	-0.230	1.475	1.045	-1.275
Pz3	+0.130	-0.210	1.385	1.045	-1.255
Pz4	-0.060	-0.440	1.350	0.966	-1.406

Nell'area in esame la falda risulta freatica, contenuta nel livello superficiale di sabbia (livello B) e sostenuta dal sottostante livello argilloso (livello C).

L'alimentazione della falda è attribuibile soprattutto agli apporti meteorici mentre marginale è il contributo dovuto alle acque d'irrigazione dei campi.

Al fine di definire la situazione idrografica locale di dettaglio, è stata elaborata la "CARTA IDROGRAFICA LOCALE – FREATIMETRIA DEL 21-12-2011" di seguito riportata, dalla quale si evince:

- quota di falda variabile tra -1.25 m nel settore Est dell'area (Pz2), a -1.40 m nel settore Ovest (Pz 4).
- Profondità della falda dal p.c. variabile da 0.96 m a 1.36 m
- direzione media di deflusso sotterraneo da Ovest verso Est
- gradiente idraulico medio del 0.14 %

Non si esclude che in concomitanza di eventi piovosi importanti, la falda possa ulteriormente approssimarsi al p.c. saturando i terreni fino al piano della campagna.

6.- STRADA DI LOTTIZZAZIONE – NORME UNI 10006

6.1.- La strada di lottizzazione si innesta da Via Parolina e si sviluppa all'interno dell'area per una lunghezza complessiva di circa 430 m . Considerando che la soprastruttura stradale non potrà interessare la coltre di terreni agrari limo argillosi superficiali (livello A), in quanto interessati dalle condizioni meteo climatiche che ne fanno variare le caratteristiche di consistenza, si considera l'appoggio sui terreni sabbiosi del sottostante livello B.

Sulla base delle caratteristiche geotecniche desunte dalle prove di laboratorio sui campioni di terreno S1-C1 e S2-C1, è possibile verificare in prima approssimazione gli spessori minimi da attribuire alla soprastruttura stradale.

Un metodo che si basa sulle esperienze fornite da strade esistenti aventi carichi di ruota e sottofondi analoghi al caso in esame è quello semiempirico di D.J. STEELE.

La strada di lottizzazione andrà a poggiare su terreni sabbioso limosi appartenenti al **sottogruppo A 2-4** .

Le caratteristiche di questo gruppo, desunte dalla “ classificazione delle terre” norme CNR - UNI 10006 - sono:

- qualità portanti quale terreno di sottofondo, in assenza di gelo - da eccellente a buono;
- azione del gelo sulle qualità portanti del terreno di sottofondo - media;
- ritiro o rigonfiamento - nullo o lieve ;
- permeabilità - media o scarsa .

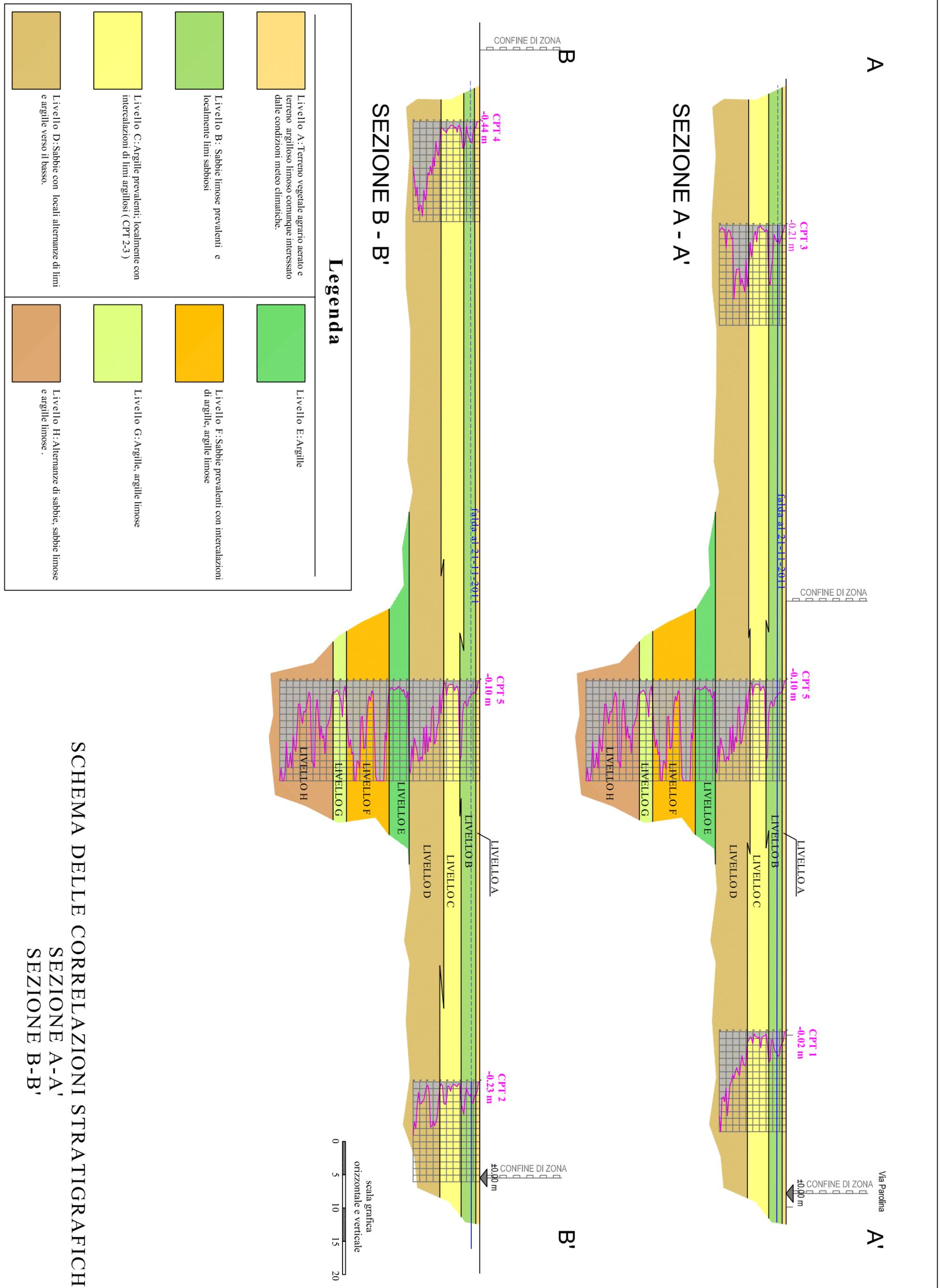
Il metodo di D.J. Steele è basato sulla determinazione dell'Indice di gruppo I_g del terreno che costituisce il sottofondo e risulta valido nelle condizioni che:

- a) il piano di sottofondo sia compatto al 95 % della densità massima AASHTO standard;
- b) la fondazione sia compattata al 100 % della densità massima;
- c) il piano di posa sia sufficientemente al di sopra della falda freatica.

Utilizzando il diagramma di Fig. 3 " Diagramma di D.J. Steele", tratto da “Strade Ferrovie Aeroporti” di G. Tesoriere, con terreni classificati A2-4 e Indice di gruppo $I_g = 0$ si ottiene uno **spessore minimo totale della soprastruttura** rispettivamente :

di 17 cm per traffico leggero (meno di 50 veicoli commerciali al giorno)

di 24 cm per traffico medio (da 50 a 300 veicoli commerciali giorno).



A

SEZIONE A - A'

CONFINE DI ZONA

CPT 5
-0.10 m

LIVELLO A
LIVELLO B
LIVELLO C
LIVELLO D
LIVELLO E
LIVELLO F
LIVELLO G
LIVELLO H

CPT 1
-0.02 m

CONFINE DI ZONA

Via Parolina

A'

B

SEZIONE B - B'

CONFINE DI ZONA

CPT 4
-0.44 m

fatta al 21-11-2011

CPT 5
-0.10 m

LIVELLO A
LIVELLO B
LIVELLO C
LIVELLO D
LIVELLO E
LIVELLO F
LIVELLO G
LIVELLO H

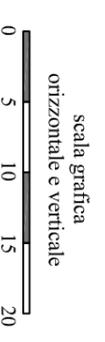
CPT 2
-0.23 m

CONFINE DI ZONA

B'

Legenda

	Livello A: Terreno vegetale agrario arato e terreno argilloso limoso comunque interessato dalle condizioni meteo climatiche.		Livello E: Argille
	Livello B: Sabbie limose prevalenti e localmente limi sabbiosi		Livello F: Sabbie prevalenti con intercalazioni di argille, argille limose
	Livello C: Argille prevalenti; localmente con intercalazioni di limi argillosi (CPT 2-3)		Livello G: Argille, argille limose
	Livello D: Sabbie con locali alternanze di limi e argille verso il basso.		Livello H: Alternanze di sabbie, sabbie limose e argille limose.



SCHEMA DELLE CORRELAZIONI STRATIGRAFICHE
SEZIONE A-A'
SEZIONE B-B'

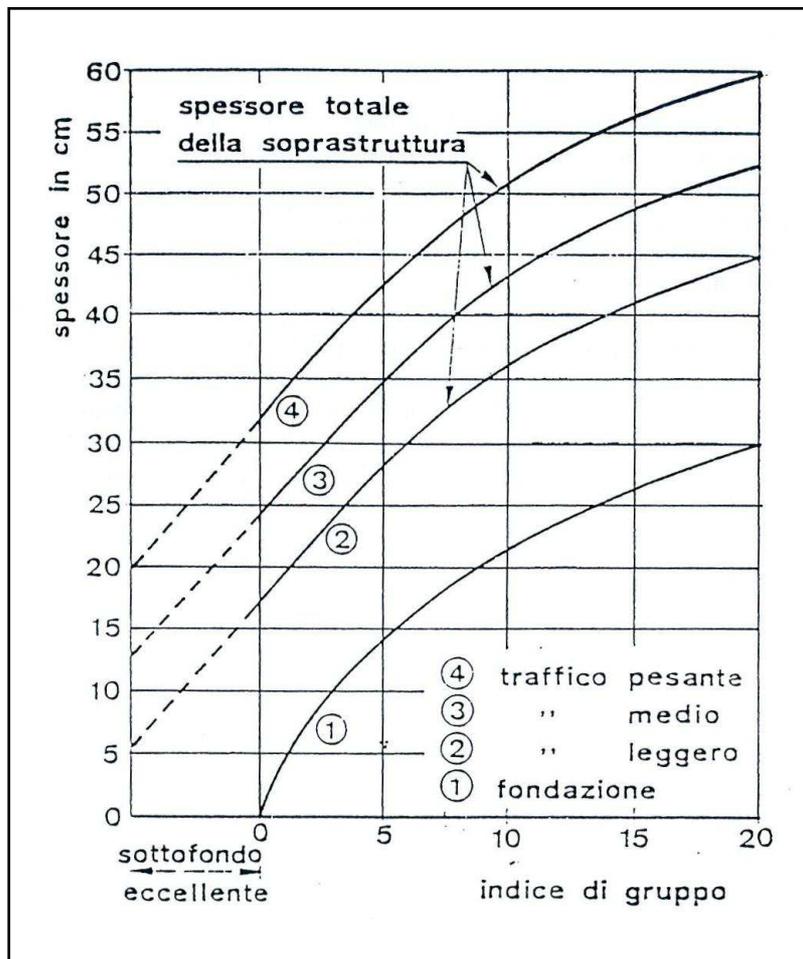


Fig. 3: Diagramma per il calcolo dello spessore di una pavimentazione flessibile in base all'indice di gruppo (D.J. Steele)

Considerando che la struttura stradale dovrà poggiare sui terreni sabbiosi del livello B dovrà essere praticato uno scotico dei terreni aerati superficiali di circa 0.60 m. I terreni di scotico verranno sostituiti con materiali misti in natura (tout venant) fino al raggiungimento delle quote di progetto; essi dovranno essere adeguati alla realizzazione dei sottofondi e costipati per strati (con spessore non superiore a 30 cm) fino al raggiungimento del 90 % della densità massima ottenuta con il metodo AASHO Standard.

I materiali sostituiti costituiscono il sottofondo o il corpo del rilevato stradale al quale verrà sovrapposta la struttura stradale che dovrà avere uno spessore minimo non inferiore a 17 cm.

Considerando il metodo semiempirico applicato e che numerosi sono i metodi di calcolo per la definizione degli spessori in relazione alle diversissime condizioni

dei terreni e del traffico, con risultati talora non omogenei, si consiglia di superare tale valore.

Lo strato di fondazione, al quale verrà poi imposto lo strato di collegamento ed il manto bituminoso, dovrà essere costipato al 95% AASHO Modificato ed il modulo di deformazione (Md) ricavabile da prova su piastra con $\varnothing = 30$ cm (Svizzera) dovrà essere ≥ 800 kg/cmq .

Di seguito (figura 4) si riporta la schematizzazione della sezione trasversale del corpo stradale in riferimento alla normativa UNI 10006.

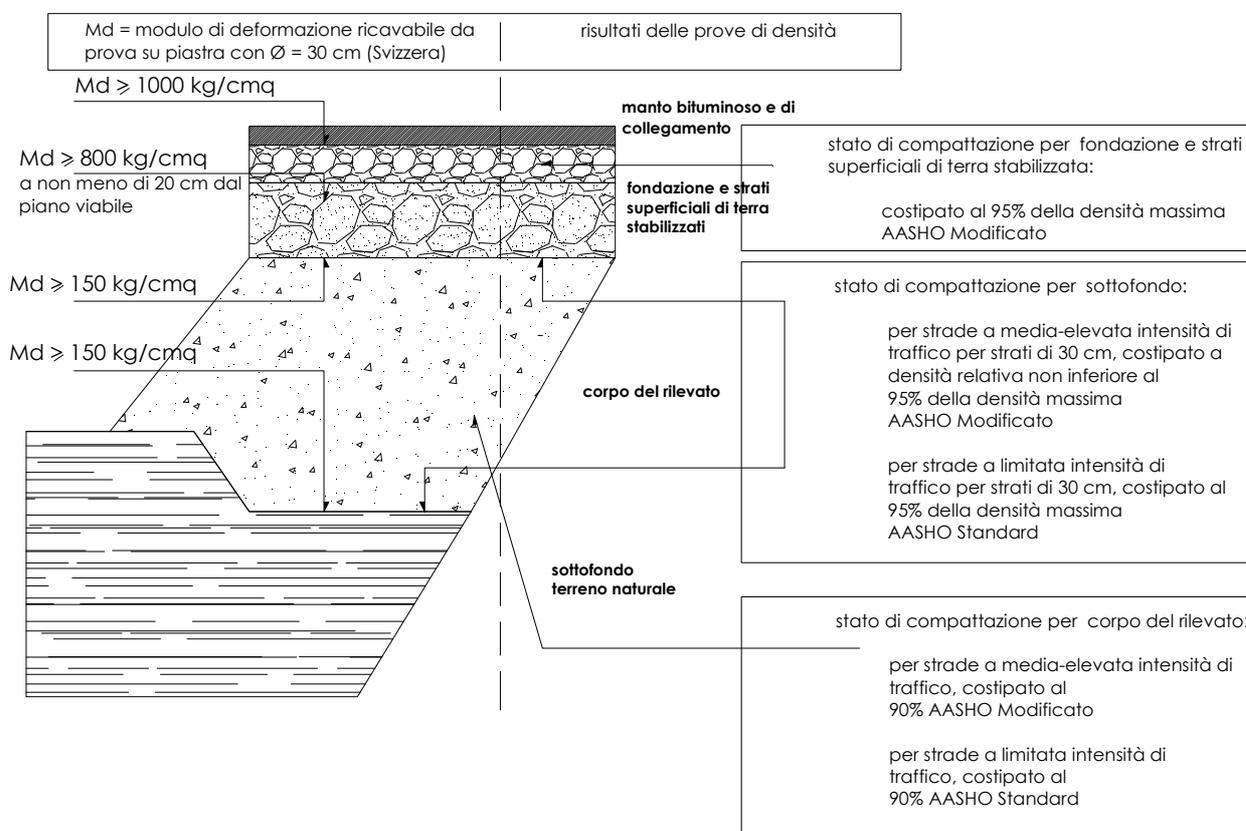


Fig. 4 - Schematizzazione della sezione trasversale del corpo stradale con indicazioni sulle caratteristiche degli aggregati (rif. normativa UNI 10006)

7.- CLASSIFICAZIONE DEI TERRENI IN ZONA SISMICA

D.M. 14/01/2008 *Norme tecniche per le costruzioni* **CATEGORIE DI SOTTOSUOLO**

7.1.- La classificazione, ai fini dell'identificazione della categoria di sottosuolo, si effettua in base ai valori della velocità equivalente $V_{s,30}$ delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità.

Nel caso in cui tale determinazione non sia disponibile, la classificazione può essere effettuata in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica $N_{SPT,30}$ nei terreni prevalentemente a grana grossa e della resistenza non drenata equivalente $c_{u,30}$ nei terreni prevalentemente a grana fina.

La velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,30}$ è definita dall'espressione:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} \text{ m/s.}$$

La resistenza penetrometrica dinamica equivalente $N_{SPT,30}$ è definita dall'espressione:

$$N_{SPT,30} = \frac{\sum_{i=1,M} h_i}{\sum_{i=1,M} \frac{h_i}{N_{SPT,i}}}$$

La resistenza non drenata equivalente $c_{u,30}$ è definita dall'espressione:

$$c_{u,30} = \frac{\sum_{i=1,K} h_i}{\sum_{i=1,K} \frac{h_i}{c_{u,i}}}$$

dove:

- h_i = spessore (in metri) dell’i-esimo strato compreso nei primi 30 m di profondità;
 $V_{S,i}$ = velocità delle onde di taglio nell’i-esimo strato;
 $N_{SPT,i}$ = numero di colpi N_{SPT} nell’i-esimo strato;
 $c_{u,i}$ = resistenza non drenata dell’i-esimo strato;
 N = numero di strati compresi nei primi 30 m di profondità;
 M = numero di strati di terreni a grana grossa compresi nei primi 30 m di profondità;
 K = numero di strati di terreni a grana fina compresi nei primi 30 m di profondità.

Nel caso di sottosuoli costituiti da stratificazioni di terreni a grana grossa e a grana fina.....(omissis).... si riferisce il sottosuolo alla categoria peggiore tra quelle individuate.

Nell’area in esame, per la determinazione della categoria del suolo di fondazione, ai sensi delle NTC 2008 è stata eseguita, un’ indagine sismica con tecnica attiva “MASW” e passiva (microtremori) il cui rapporto di sintesi è riportato in ALLEGATO 3 a fine relazione.

L’indagine geofisica è stata eseguita, in posizione baricentrica ai lotti, al fine di ricostruire il modello di distribuzione della velocità delle onde di taglio (V_s) nel sottosuolo per determinarne la classificazione; sono state eseguite :

- n° 3 profili con la tecnica “MASW” attiva
- n° 3 profili con la tecnica passiva

L’elaborazione delle velocità ho consentito di ricavare i seguenti valori di V_{S30}

Profilo	V_{S30} (m/s)
n° 1- attivo *	-
n° 1- passivo	216
n° 2- attivo *	-
n° 2- passivo	232
n° 3- attivo	213
n° 3- passivo	225

Tab. 1

* nei profili attivi 1 e 2, non è stata raggiunta la profondità di 30 m

Dai risultati desunti dall'indagine sismica (Tab. 1) si ritiene opportuno inserire il sito ai fini della definizione dell'azione sismica nella categoria di suolo di fondazione, di tipo **C**:

- 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 e 360 m/s ($15 < N_{SPT,30} < 50$, $70 < Cu_{30} < 250$ kPa)*

I risultati emersi dall'indagine sismica rispecchiano quelli ottenuti empiricamente su una prova penetrometrica statica spinta fino alla profondità di 30.00 m da p.c. (CPT 5).

La determinazione della velocità delle onde sismiche V_s lungo la verticale CPT 5, per ogni livello individuato è stata effettuata con i seguenti metodi, la cui descrizione è riportata in ALLEGATO 1:

- Metodo di Iyisan (1996) ($V_{s30} 1$)
- Metodo Madiai. (2006) ($V_{s30} 2$)

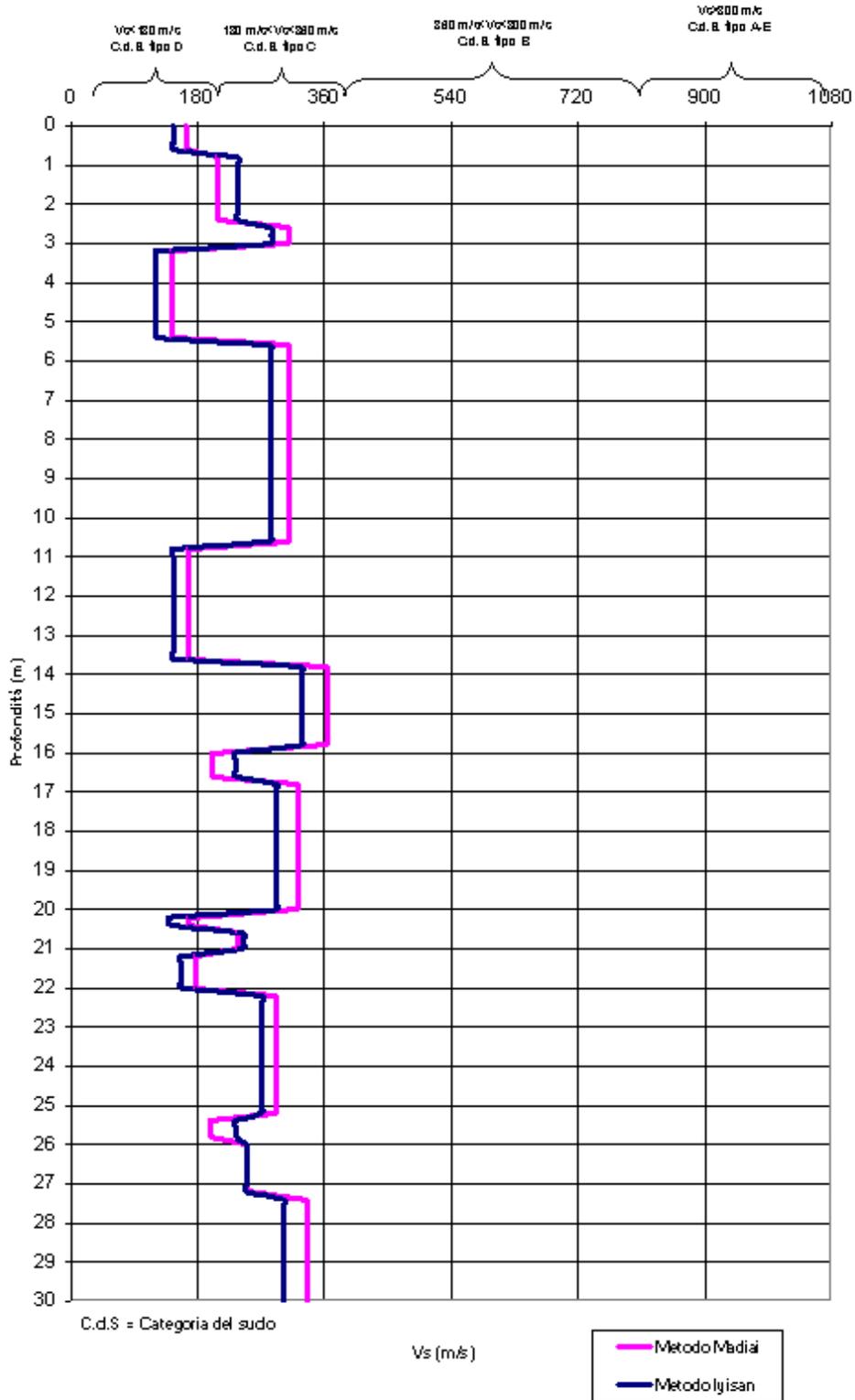
$$V_{s,301} (Iyisan) = 221 \text{ m/s}$$

$$V_{s,302} (Madiai) = 241 \text{ m/s}$$

Di seguito si riporta il grafico delle velocità delle onde di taglio (V_{s30}) desunto dalla prova (C.P.T. 5).

Anche con i dati ottenuti dalla prova penetrometrica con $V_{s30} = 221$ m/s (Iyisan) e $V_{s30} = 241$ m/s (Madiai) la categoria di suolo di fondazione è risultata di tipo C.

MODELLO VELOCITA' ONDE DI TAGLIO (Vs)
desunto da prova statica CPT-5

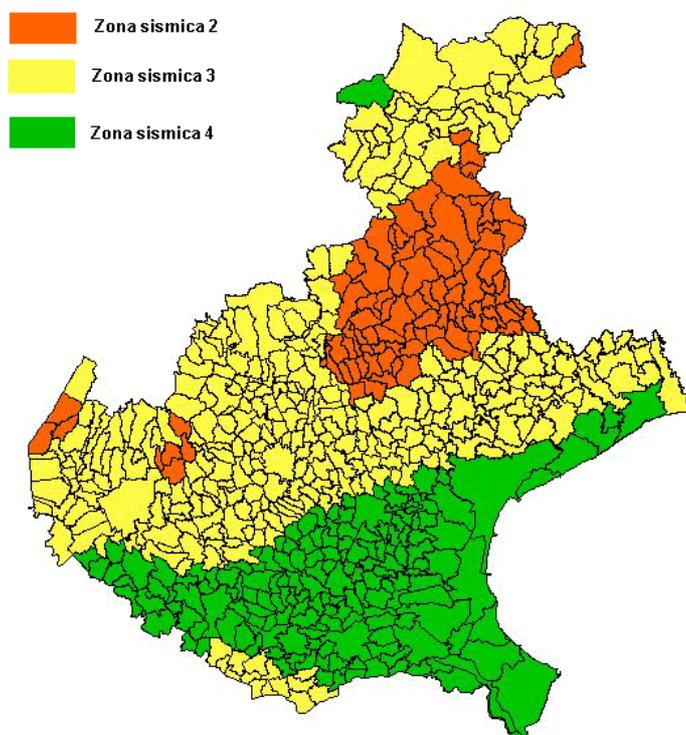


7.2.- Ai sensi della normativa sismica (OPCM 3274), il Comune di Vicenza è inserito in zona sismica 3 da cui:

ZONA SISMICA	ag
1	0,35 g
2	0,25 g
3	0,15 g
4	0,05 g

L'area di intervento è quindi caratterizzata dai seguenti parametri sismici:

Codice ISTAT comune	Zona	ag	Categoria di suolo
05024116	3	0,15 g	C



Classificazione sismica dei comuni del Veneto.

I parametri di pericolosità sismica per il sito in esame con LAT 45.554418 e $LONG$ 11.586156 considerando:

- Vita nominale V_n = 50 anni
- Classe d'uso = II
- Stato limite di salvaguardia della vita = SLV

risultano:

$$a_g = 0.1460g$$

$$F_0 = 2.42$$

$$T_C^* = 0.29$$

Di seguito si riporta il tabulato per il calcolo di a_g , F_0 e T_C^* col software NTC-SISMA ver. 2.0, il quale nota la LAT e $LONG$. del punto indicato, cerca nel reticolo di riferimento la maglia elementare entro il quale si trova il punto d'interesse (Fig.5).

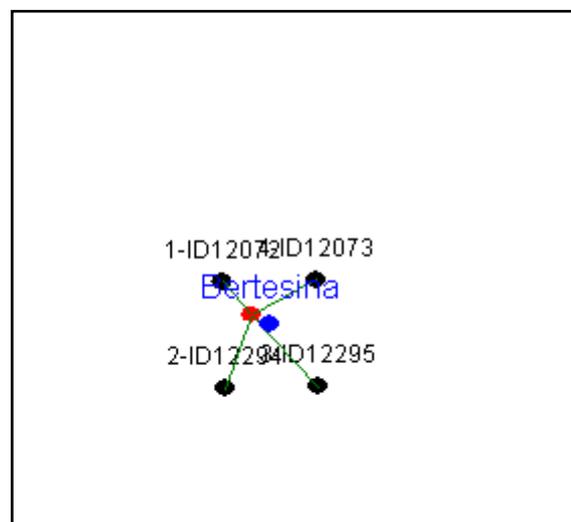


Fig.5: Interpolazione dei punti più vicini al sito d'interesse (punto rosso)

In mancanza di studi specifici, i coefficienti sismici orizzontali e verticali si calcolano con le espressioni:

$$K_h = \beta_s \times \frac{a_{\max}}{g}$$

$$K_v = \pm 0.5 \times K_h$$

con:

$$a_{\max} = S_s \times S_T \times a_g$$

$$S_s = 1.70 - 0.60 \times F_0 \frac{a}{g}$$

Riassumendo in tabella:

PARAMETRI	VALORI
Categoria sottosuolo	C
a_g	0.1460g
F_0	2.42
S_s	1.48
S_T	1.00
β_s	0.24

I valori di K_h e K_v da utilizzare nelle eventuali verifiche risultano:

$$K_h = 0.0518$$

$$K_v = \pm 0.50 * K_h$$

8.- CONCLUSIONI

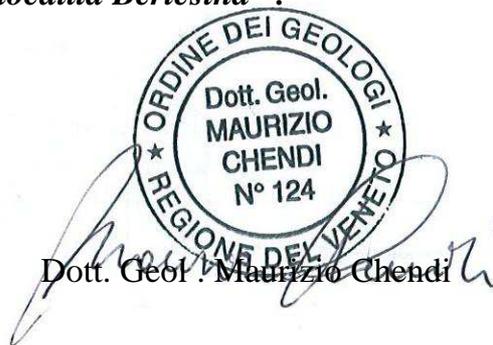
8.1.- Verificata la situazione geologica, geomorfologica e idrogeologica e presa visione degli interventi previsti nell'area di studio si possono trarre le seguenti considerazioni conclusive in relazione alle compatibilità previste dalla L.R. n° 11 del 23/04/2004:

- Il piano di lottizzazione è ubicato in area pianeggiante con quota media dei terreni pari a circa 35.00 m slm; la morfologia dell'area non evidenzia zone a rischio mentre potrebbero configurarsi fenomeni di dissesto per interventi che intercettano al falda subsuperficiale
- La successione stratigrafica risulta caratterizzata da sabbie con intercalazioni frequenti di livelli argillosi anche di spessore metrico fino a circa 14.00 m da p.c.; seguono sabbie, sabbie limose prevalenti con intercalazioni argillose e argillose limose poco potenti fino alla massima profondità indagata (30.00 m da p.c.).
- la falda si localizza a profondità variabile a seconda della quota del p.c. da circa -0.96 m a -1.36 m; in condizioni di piena, per eventi meteorici importanti, si ritiene possa saturare i terreni fino al p.c. .
- classificazione sismica: in base alla normativa sismica di riferimento i terreni sono classificati appartenenti alla **Zona 3** e, dalle risultanze dell'indagine sismica con tecnica attiva "MASW" e passiva eseguita sull'area di lottizzazione, alla categoria di suolo di fondazione di **tipo C**

8.2.- Vista la profondità della falda, per l'esecuzione di edifici con piano interrato, dovranno essere adottati adeguati sistemi di emungimento e previste impermeabilizzazioni per le murature fino al p.c.. La stabilità degli scavi dovrà essere verificata o in alternativa previste adeguate opere provvisorie di sostegno. La struttura della strada di lottizzazione dovrà porsi ad adeguata distanza dalla falda e la coltre di terreni superficiali aerati dovranno essere sostituiti con materiali adeguati. Per quanto riguarda i sotto servizi essi potranno interferire con la superficie di falda; non sussistono comunque contro indicazioni di fattibilità purchè vengano rispettate adeguate tecniche e norme per la loro posa in opera. Per la progettazione degli edifici dovranno essere rigorosamente rispettate le " Norme tecniche per le costruzioni" ai sensi del D.M. del 14/01/2008 mentre per la strada di lottizzazione le Norme UNI 10006.

Alla luce di quanto sopra, nel rispetto della normativa vigente, ***non sussistono controindicazioni di natura geomorfologia, geologica, idrogeologica e geotecnica, in riferimento alla L.R. n° 11 del 23/04/2004, per il Piano Urbanistico Attuativo “ Strada della Parolina – località Bertesina”.***

Torri di Quartesolo, (Vi) 20 Gennaio 2012



Dott. Geol. Maurizio Chendi

ALLEGATO 1

- **METODI D'INTERPRETAZIONE DELLE PROVE PENETROMETRICHE STATICHE**
- **TABULATI E DIAGRAMMI PENETROMETRICI**
- **STRATIGRAFIA DEI SONDAGGI**
- **METODI PER IL CALCOLO DELLE VS SU CPT 5**

Metodi d'interpretazione delle prove penetrometriche

Per le prove penetrometriche statiche

R_{P medio} = Resistenza media alla punta del penetrometro statico per il livello considerato espresso in Kg/cm².

R_{L medio} = Resistenza media laterale del penetrometro statico per il livello considerato espresso in Kg/cm².

Prof_{media} = Profondità media del livello considerato espresso in m

σ'_v = Pressione litostatica efficace del livello considerato espressa in Kg/cm².

R_{P (1)} = Resistenza media alla punta statica per il livello considerato normalizzata per la pressione litostatica espressa in Kg/cm² secondo la formula:

$$R_{P(1)} = \frac{R_P}{p_a} \sqrt{\frac{\sigma'_v}{p_a}}$$

Dove:

p_a = Pressione atmosferica che corrisponde a 1.033 Kg/cm²

La determinazione dei parametri più significativi dei terreni è stata effettuata con i seguenti metodi:

- Coesione non drenata - Cu

La coesione non drenata viene stimata attraverso i seguenti metodi:

➤ **Metodo di Lunne ed Eide (Cu₁)**

È uno dei metodi più usati per il calcolo della coesione non drenata, ed è valido per argille di bassa, media e alta plasticità e poco sensibili (St < 4 dove St è l'indice di sensibilità al rimaneggiamento). La relazione ha la seguente forma :

$$Cu(Kg/cm^2) = (R_p - \sigma) / Nk = (R_p - \sigma) / 20$$

Dove:

σ = pressione efficace a metà strato e N_k dipendente dall'indice di plasticità, I_p

- Angolo di resistenza al taglio (φ^\bullet)

L'angolo di resistenza al taglio viene stimata attraverso i seguenti metodi:

➤ **Metodo di Durgunoglu & Mitchell (1975)-Robertson & Campanella (1983) – Chen & Juang (1996) (φ_1)**

$$\tan \varphi = \frac{1}{C_1} \ln \left(\frac{R_p}{C_2} \frac{\sigma'_v}{C_2} \right)$$

Dove:

C_1 e C_2 = Coefficienti di Chen e Juang che possono assumere i seguenti valori

compressibilità del terreno	C_1	C_2
bassa compressibilità	7.629	0.94
media compressibilità	6.82	0.266
alta compressibilità	6.079	0.34

Il grado di compressibilità del terreno è legato al rapporto d'attrito **FR = R_L/R_P** , quindi se:

FR	Compressibilità
< 0.4	Bassa
0.4 ÷ 0.65	Media
>0.65	Alta

➤ **Metodi di De Beer, Caquot e Koppejan (φ_2)**

I tre metodi trovano le loro condizioni ottimali di applicabilità per sabbie NC (normalmente consolidate) e non cementate per profondità maggiori di 2 metri (terreni saturi) o di 1 metro (terreni non saturi).

In sabbie cementate va tenuto presente che ad un aumento di R_p può non corrispondere automaticamente un aumento di ϕ , e quindi i valori ottenuti vanno considerati con estrema cautela.

L'angolo di attrito viene stimato attraverso il grafico di Fig. 1.5 dove s è la pressione efficace a metà strato misurata in Kg/cm^2 e R_p la resistenza alla punta media dello strato.

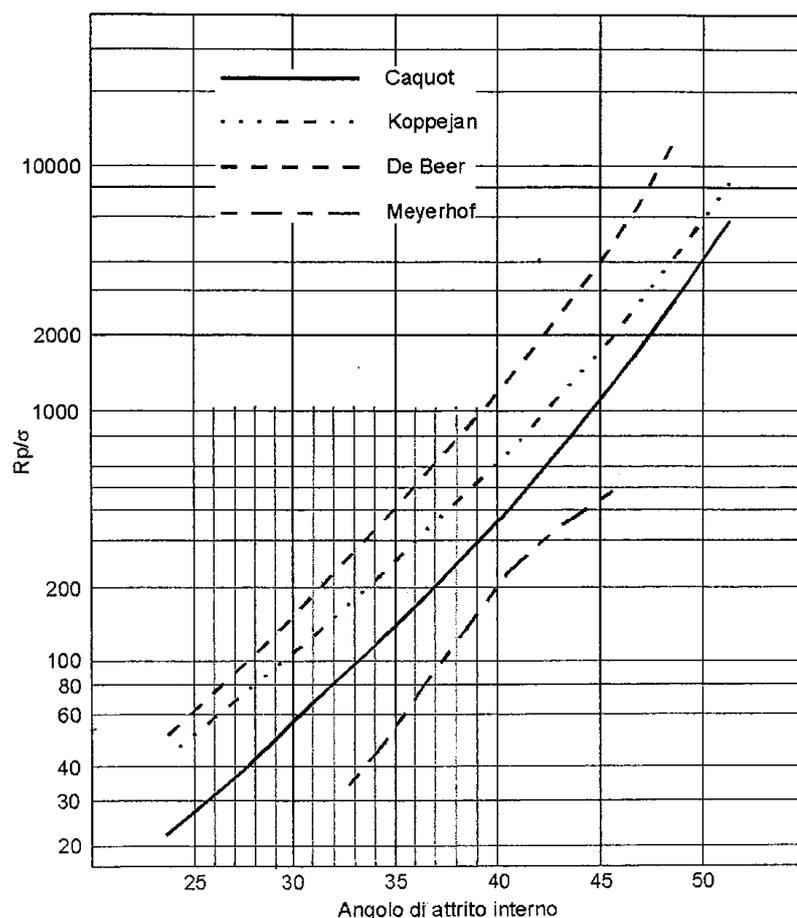


Fig. 1.5 - Metodi di Caquot, Koppejan, De Beer e Meyerhof per la valutazione dell'angolo di attrito (per il metodo di Meyerhof nell'asse delle ordinate va posta R_p).

Poiché lo stato tensionale indotto dalla penetrazione del cono del penetrometro statico può essere molto alto, i valori degli angoli d'attrito (ϕ°) calcolati con i metodi sopra elencati risultano sovrastimati; è quindi opportuno correggere i valori stimati con un fattore di correzione $\Delta\phi^\circ$ da sottrarre al valore di ϕ° .

Tale fattore è calcolato col :

➤ **Metodo di Chen & Juang derivato dai fattori di riduzione di Meing**

$$\Delta\phi^{\circ} = 9.311Dr^3 - 5.122Dr^2 + 3.753Dr - 0.013$$

- Densità relativa – Dr(%)

La densità relativa viene stimata attraverso i seguenti metodi:

○ **Metodo di Lancellotta (1991) (Dr₁)**

$$Dr(1) = -98 + 66 \log \left(\frac{R_p}{\sqrt{\sigma'_v}} \right)$$

○ **Metodo Tanizawa (1990) (Dr₂)**

$$Dr(2) = -79.5 + 14.35 \times R_p^{0.25} \times \left(\frac{P_a}{\sigma'_v} \right)^{0.125}$$

MODELLO GEOTECNICO

CPT 1

Livello	RP medio Kg/cm ²	RL medio Kg/cm ²	da m	a m	σ'_v Kg/cm ²	RP (1) Kg/cm ²
A	Terreno agrario					
B	29	0.95	0.6	2.6	0.26685	14.70
C	9	0.59	2.6	5.8	0.50085	6.25
D^I	55	1.54	5.8	8	0.74385	46.53
D^{II}	106	2.59	8	10	0.93285	100.43

Calcolo della coesione non drenata(Cu) secondo vari Autori

Livello	Cu KPa <small>Lunne ed Eide</small>
A	Terreno agrario
B	-
C	42
D^I	-
D^{II}	-

Calcolo della densità relativa (Dr) secondo vari Autori

Livello	Dr(1) %	Dr(2) %	$\Delta\phi^\circ(1)$ Correzione di Meigh(1987)	$\Delta\phi^\circ(2)$ Correzione di Meigh(1987)
A	Terreno agrario			
B				
C	50	48	1.77	1.63
D^I	-	-	-	-
D^{II}	54	52	1.99	1.87

Calcolo dell'angolo di resistenza al taglio (φ°) secondo vari Autori

Livello	$\varphi^\circ(1)$ Durgunoglu e Mitchell Robertson e Campanella Chen w Juang	$\varphi^\circ(2)$ De Beer Caquot e Koppeja	$\varphi^\circ(1) - \Delta\varphi^\circ(1)$	$\varphi^\circ(1) - \Delta\varphi^\circ(2)$	$\varphi^\circ(2) - \Delta\varphi^\circ(1)$	$\varphi^\circ(2) - \Delta\varphi^\circ(2)$
A	Terreno agrario					
B	32	30	30	30	28	28
C	-	-	-	-	-	-
D^I	30	31	28	28	29	29
D^{II}	32	33	29	29	30	30

CPT 2

Livello	RP medio Kg/cm ²	RL medio Kg/cm ²	da m	a m	σ'_v Kg/cm ²	RP (1) Kg/cm ²
A	Terreno agrario					
B	27	0.94	0.6	2	0.2115	12.18
C^I	6	0.45	2	4.8	0.4005	3.72
C^{II}	32	1.18	4.8	5.4	0.5535	23.35
C^{III}	6	0.38	5.4	6	0.6075	4.59
D^I	57	1.52	6	7.4	0.6975	46.70
D^{II}	11	0.7	7.4	8.2	0.7965	9.63
D^{II}	29	1.04	8.2	9.4	0.8865	26.78
D^{IV}	70	1.82	9.4	10	0.9675	67.54

Calcolo della coesione non drenata(C_u) secondo vari Autori

Livello	Cu KPa Lunne ed Eide
A	Terreno agrario
B	-
C^I	28
C^{II}	-
C^{III}	27
D^I	-
D^{II}	51
D^{II}	-
D^{IV}	-

Calcolo della densità relativa (D_r) secondo vari Autori

Livello	Dr(1)	Dr(2)	$\Delta\phi^\circ(1)$	$\Delta\phi^\circ(2)$
	%	%	Correzione di Meigh(1987)	Correzione di Meigh(1987)
A	Terreno agrario			
B	52	49	1.85	1.71
C^I	-	-	-	-
C^{II}	43	39	1.39	1.23
C^{III}	-	-	-	-
D^I	56	54	2.12	2.00
D^{II}	-	-	-	-
D^{III}	33	28	1.01	0.84
D^{IV}	57	56	2.20	2.10

Calcolo dell'angolo di resistenza al taglio (ϕ°) secondo vari Autori

Livello	$\phi^\circ(1)$	$\phi^\circ(2)$	$\phi^\circ(1) - \Delta\phi^\circ(1)$	$\phi^\circ(1) - \Delta\phi^\circ(2)$	$\phi^\circ(2) - \Delta\phi^\circ(1)$	$\phi^\circ(2) - \Delta\phi^\circ(2)$
	Durgunoglu e Mitchell Robertson e Campanella Chen w Juang	De Beer Caquot e Koppeja				
A	Terreno agrario					
B	33	31	31	31	29	29
C^I	-	-	-	-	-	-
C^{II}	28	26	27	27	25	25
C^{III}	-	-	-	-	-	-
D^I	30	28	28	28	26	26
D^{II}	-	-	-	-	-	-
D^{III}	25	26	24	24	25	25
D^{IV}	30	31	27	28	29	29

CPT 3

Livello	RP medio Kg/cm ²	RL medio Kg/cm ²	da m	a m	σ'_v Kg/cm ²	RP (1) Kg/cm ²
A	Terreno agrario					
B^I	21	0.78	0.6	1.8	0.2025	9.27
B^{II}	71	1.52	1.8	2.6	0.2925	37.67
C^I	7	0.35	2.6	4.8	0.4275	4.49
C^{II}	44	1.29	4.8	5.6	0.5625	32.37
D^I	81	2.08	5.6	7.8	0.6975	66.36
D^{II}	10	0.52	7.8	10	0.8955	9.28

Calcolo della coesione non drenata (C_u) secondo vari Autori

Livello	Cu KPa Lunne ed Eide
A	Terreno agrario
B^I	-
B^{II}	-
C^I	33
C^{II}	-
D^I	-
D^{II}	46

Calcolo della densità relativa (D_r) secondo vari Autori

Livello	Dr(1) %	Dr(2) %	$\Delta\phi^\circ(1)$ Correzione di Meigh(1987)	$\Delta\phi^\circ(2)$ Correzione di Meigh(1987)
A	Terreno agrario			
B^I	45	42	1.49	1.34
B^{II}	75	76	3.83	3.95
C^I	-	-	-	-
C^{II}	52	49	1.85	1.71
D^I	66	66	2.92	2.90
D^{II}	-	-	-	-

Calcolo dell'angolo di resistenza al taglio (φ°) secondo vari Autori

Livello	$\varphi^\circ(1)$ Durgunoglu e Mitchell Robertson e Campanella Chen w Juang	$\varphi^\circ(2)$ De Beer Caquot e Koppeja	$\varphi^\circ(1) - \Delta\varphi^\circ(1)$	$\varphi^\circ(1) - \Delta\varphi^\circ(2)$	$\varphi^\circ(2) - \Delta\varphi^\circ(1)$	$\varphi^\circ(2) - \Delta\varphi^\circ(2)$
A	Terreno agrario					
B^I	32	30	30	30	29	29
B^{II}	36	33	32	32	29	29
C^I	-	-	-	-	-	-
C^{II}	30	28	28	28	26	26
D^I	32	30	29	29	27	27
D^{II}	-	-	-	-	-	-

CPT 4

Livello	RP medio Kg/cm²	RL medio Kg/cm²	da m	a m	σ'_v Kg/cm²	RP (1) Kg/cm²
A	Terreno agrario					
B	29	0.91	0.8	2.4	0.234	13.76
C	9	0.59	2.4	5.8	0.459	5.98
D^I	47	1.45	5.8	7.8	0.702	38.63
D^{II}	111	2.29	7.8	10	0.891	102.78

Calcolo della coesione non drenata(*Cu*) secondo vari Autori

Livello	Cu KPa <small>Lunne ed Eide</small>
A	Terreno agrario
B	-
C	43
D^I	-
D^{II}	-

Calcolo della densità relativa (*Dr*) secondo vari Autori

Livello	Dr(1) %	Dr(2) %	$\Delta\phi^\circ(1)$ <small>Correzione di Meigh(1987)</small>	$\Delta\phi^\circ(2)$ <small>Correzione di Meigh(1987)</small>
A	Terreno agrario			
B	52	50	1.88	1.75
C	-	-	-	-
D^I	50	48	1.77	1.63
D^{II}	72	72	3.47	3.54

Calcolo dell'angolo di resistenza al taglio (φ°) secondo vari Autori

Livello	$\varphi^\circ(1)$ Durgunoglu e Mitchell Robertson e Campanella Chen w Juang	$\varphi^\circ(2)$ De Beer Caquot e Koppeja	$\varphi^\circ(1) - \Delta\varphi^\circ(1)$	$\varphi^\circ(1) - \Delta\varphi^\circ(2)$	$\varphi^\circ(2) - \Delta\varphi^\circ(1)$	$\varphi^\circ(2) - \Delta\varphi^\circ(2)$
A	Terreno agrario					
B	33	30	31	31	28	28
C	-	-	-	-	-	-
D^I	29	31	27	28	29	29
D^{II}	33	33	29	29	30	29

CPT 5

Livello	RP medio Kg/cm ²	RL medio Kg/cm ²	da m	a m	σ'_v Kg/cm ²	RP (1) Kg/cm ²
A	Terreno agrario					
B^I	27	0.85	0.6	2.4	0.27	13.76
B^{II}	95	2.2	2.4	3	0.423	60.61
C	8	0.41	3	5.4	0.558	5.86
D	92	2.63	5.4	10.6	0.9	85.62
E	13	0.82	10.6	13.6	1.269	14.37
F^I	155	3.59	13.6	15.8	1.503	186.41
F^{II}	22	1.47	15.8	16.6	1.638	27.62
F^{III}	110	3.19	16.6	20	1.827	145.85
G	18	1.02	20	22	2.07	25.40
H^I	75	2.76	22	25.2	2.304	111.67
H^{II}	23	0.87	25.2	25.8	2.475	35.49
H^{III}	49	2.97	25.8	26.8	2.547	76.71
H^{IV}	120	3.1	26.8	30	2.736	194.71

Calcolo della coesione non drenata(Cu) secondo vari Autori

Livello	Cu KPa <small>Lunne ed Eide</small>
A	Terreno agrario
B^I	-
B^{II}	-
C	37
D	-
E	59
F^I	-
F^{II}	80
F^{III}	-
G	80
H^I	-
H^{II}	80

H^{III}	-
H^{IV}	-

Calcolo della densità relativa (*Dr*) secondo vari Autori

Livello	Dr(1) %	Dr(2) %	Δφ°(1) Correzione di Meigh(1987)	Δφ°(2) Correzione di Meigh(1987)
A	Terreno agrario			
B^I	48	45	1.65	1.50
B^{II}	78	79	4.20	4.40
C	-	-	-	-
D	66	66	2.92	2.90
E	-	-	-	-
F^I	74	75	3.70	3.81
F^{II}	-	-	-	-
F^{III}	61	60	2.49	2.41
G	-	-	-	-
H^I	47	44	1.58	1.42
H^{II}	-	-	-	-
H^{III}	33	28	1.01	0.84
H^{IV}	58	56	2.24	2.14

Calcolo dell'angolo di resistenza al taglio (φ°) secondo vari Autori

Livello	$\varphi^\circ(1)$ Durgunoglu e Mitchell Robertson e Campanella Chen w Juang	$\varphi^\circ(2)$ De Beer Caquot e Koppeja	$\varphi^\circ(1) - \Delta\varphi^\circ(1)$	$\varphi^\circ(1) - \Delta\varphi^\circ(2)$	$\varphi^\circ(2) - \Delta\varphi^\circ(1)$	$\varphi^\circ(2) - \Delta\varphi^\circ(2)$
A	Terreno agrario					
B^I	31	29	30	30	27	27
B^{II}	36	32	31	31	28	28
C	-	-	-	-	-	-
D	32	33	29	29	30	30
E	-	-	-	-	-	-
F^I	32	33	28	28	29	29
F^{II}	-	-	-	-	-	-
F^{III}	29	30	26	29	28	28
G	-	-	-	-	-	-
H^I	25	26	23	25	24	25
H^{II}	-	-	-	-	-	-
H^{III}	22	-	21	22	-	-
H^{IV}	27	29	24	27	27	27

- Metodi di calcolo della velocità sismica V_s

La velocità sismica V_s per la prova penetrometrica statica d'archivio viene stimata con i seguenti metodi:

- **Metodo Iyasan. (1996)** ($V_{S,301}$)

$$V_s = 55.3 \times (R_p)^{0.377}$$

- **Metodo Madiai. (2006)** ($V_{S,302}$)

$$V_s = 170(R_p)^{0.29} \times (R_L)^{0.036}$$

MODELLO SISMICO

CPT 5

Livello	R_P medio	R_L medio	R_P (1)	H	$V_{S,301}$	$V_{S,302}$
	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	m	Iyisan (m/s)	Madiai (m/s)
A	13	0.46	2.96	0.6	145	164
B^I	27	0.85	13.76	1.8	237	207
B^{II}	95	2.2	60.61	0.6	285	309
C	8	0.41	5.86	2.4	121	142
D	92	2.63	85.62	5.2	282	308
E	13	0.82	14.37	3	145	168
F^I	155	3.59	186.41	2.2	327	363
F^{II}	22	1.47	27.62	0.8	233	199
F^{III}	110	3.19	145.85	3.4	295	327
G	18	1.02	25.40	2	164	186
H^I	75	2.76	111.67	3.2	271	291
H^{II}	23	0.87	35.49	0.6	234	198
H^{III}	49	2.97	76.71	1	252	258
H^{IV}	120	3.1	194.71	3.2	302	335

Profondità totale **30.00 m**

La velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,30}$ è definita dall'espressione:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{S,i}}} \text{ m/s.}$$

Dalla formula si ricava:

$$V_{S,301} \text{ (Iyasan)} = 221 \text{ m/s}$$

$$V_{S,302} \text{ (Madiai)} = 241 \text{ m/s}$$

Dai valori di $V_{s,30}$ ottenuto secondo i gli Autori citati, si evince che la categoria di suolo di fondazione, ai fini della definizione dell'azione sismica, è riconoscibile nel tipo **C**:

- 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 e 360 m/s ($15 < N_{SPT,30} < 50$, $70 < C_{u30} < 250$ kPa)*

Tabella prova CPT n. 1

N.	Prof(m)	Rp(kg/cmq)	RI(kg/cmq)	Rt(kg)	Rp/RI
1	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.40	13.00	0.67	0.00	19.50
3	0.60	17.00	0.67	0.00	25.50
4	0.80	21.00	0.87	0.00	24.23
5	1.00	35.00	0.47	0.00	75.00
6	1.20	37.00	0.87	0.00	42.69
7	1.40	31.00	0.87	0.00	35.77
8	1.60	31.00	1.00	0.00	31.00
9	1.80	25.00	0.80	0.00	31.25
10	2.00	12.00	0.60	0.00	20.00
11	2.20	12.00	0.60	0.00	20.00
12	2.40	43.00	1.73	0.00	24.81
13	2.60	46.00	1.73	0.00	26.54
14	2.80	18.00	0.80	0.00	22.50
15	3.00	4.00	0.73	0.00	5.45
16	3.20	6.00	0.33	0.00	18.00
17	3.40	7.00	0.47	0.00	15.00
18	3.60	8.00	0.53	0.00	15.00
19	3.80	24.00	0.80	0.00	30.00
20	4.00	8.00	0.67	0.00	12.00
21	4.20	10.00	0.67	0.00	15.00
22	4.40	8.00	0.33	0.00	24.00
23	4.60	7.00	0.40	0.00	17.50
24	4.80	3.00	0.27	0.00	11.25
25	5.00	18.00	0.87	0.00	20.77
26	5.20	9.00	1.07	0.00	8.44
27	5.40	8.00	0.53	0.00	15.00
28	5.60	13.00	0.40	0.00	32.50
29	5.80	16.00	0.73	0.00	21.82
30	6.00	47.00	1.00	0.00	47.00
31	6.20	51.00	1.53	0.00	33.26
32	6.40	49.00	1.53	0.00	31.96
33	6.60	36.00	2.27	0.00	15.88
34	6.80	49.00	2.20	0.00	22.27
35	7.00	66.00	0.93	0.00	70.71
36	7.20	61.00	1.33	0.00	45.75
37	7.40	54.00	1.87	0.00	28.93
38	7.60	60.00	1.20	0.00	50.00
39	7.80	70.00	1.27	0.00	55.26
40	8.00	65.00	1.80	0.00	36.11
41	8.20	75.00	3.07	0.00	24.46
42	8.40	78.00	2.40	0.00	32.50
43	8.60	100.00	1.87	0.00	53.57
44	8.80	126.00	1.87	0.00	67.50
45	9.00	85.00	2.60	0.00	32.69
46	9.20	105.00	2.00	0.00	52.50
47	9.40	98.00	2.47	0.00	39.73
48	9.60	99.00	2.93	0.00	33.75
49	9.80	168.00	2.93	0.00	57.27
50	10.00	126.00	3.73	0.00	33.75

Tabella prova CPT n. 2

N.	Prof(m)	Rp(kg/cmq)	RI(kg/cmq)	Rt(kg)	Rp/RI
1	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.40	14.00	0.73	0.00	19.09
3	0.60	20.00	1.00	0.00	20.00
4	0.80	21.00	1.13	0.00	18.53
5	1.00	32.00	1.27	0.00	25.26
6	1.20	31.00	1.13	0.00	27.35
7	1.40	19.00	1.20	0.00	15.83
8	1.60	21.00	0.60	0.00	35.00
9	1.80	16.00	0.53	0.00	30.00
10	2.00	9.00	0.53	0.00	16.88
11	2.20	21.00	1.07	0.00	19.69
12	2.40	49.00	1.07	0.00	45.94
13	2.60	40.00	0.80	0.00	50.00
14	2.80	34.00	1.00	0.00	34.00
15	3.00	4.00	1.07	0.00	3.75
16	3.20	3.00	0.33	0.00	9.00
17	3.40	7.00	0.47	0.00	15.00
18	3.60	6.00	0.53	0.00	11.25
19	3.80	4.00	0.27	0.00	15.00
20	4.00	5.00	0.27	0.00	18.75
21	4.20	7.00	0.47	0.00	15.00
22	4.40	14.00	0.40	0.00	35.00
23	4.60	7.00	0.40	0.00	17.50
24	4.80	6.00	0.33	0.00	18.00
25	5.00	30.00	0.93	0.00	32.14
26	5.20	34.00	1.53	0.00	22.17
27	5.40	32.00	1.07	0.00	30.00
28	5.60	6.00	0.60	0.00	10.00
29	5.80	3.00	0.33	0.00	9.00
30	6.00	9.00	0.20	0.00	45.00
31	6.20	28.00	1.27	0.00	22.11
32	6.40	53.00	1.53	0.00	34.57
33	6.60	61.00	1.93	0.00	31.55
34	6.80	66.00	1.73	0.00	38.08
35	7.00	58.00	1.27	0.00	45.79
36	7.20	67.00	1.47	0.00	45.68
37	7.40	68.00	1.47	0.00	46.36
38	7.60	15.00	1.53	0.00	9.78
39	7.80	5.00	0.40	0.00	12.50
40	8.00	9.00	0.60	0.00	15.00
41	8.20	16.00	0.27	0.00	60.00
42	8.40	27.00	0.47	0.00	57.86
43	8.60	29.00	0.60	0.00	48.33
44	8.80	33.00	1.07	0.00	30.94
45	9.00	33.00	1.27	0.00	26.05
46	9.20	16.00	0.80	0.00	20.00
47	9.40	37.00	2.07	0.00	17.90
48	9.60	70.00	1.67	0.00	42.00
49	9.80	60.00	1.80	0.00	33.33
50	10.00	80.00	2.00	0.00	40.00

Tabella prova CPT n. 3

N.	Prof(m)	Rp(kg/cmq)	RI(kg/cmq)	Rt(kg)	Rp/RI
1	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.40	9.00	0.47	0.00	19.29
3	0.60	13.00	0.73	0.00	17.73
4	0.80	21.00	0.87	0.00	24.23
5	1.00	28.00	0.80	0.00	35.00
6	1.20	21.00	1.13	0.00	18.53
7	1.40	25.00	0.73	0.00	34.09
8	1.60	20.00	0.67	0.00	30.00
9	1.80	14.00	0.47	0.00	30.00
10	2.00	51.00	1.33	0.00	38.25
11	2.20	63.00	1.40	0.00	45.00
12	2.40	89.00	1.33	0.00	66.75
13	2.60	83.00	2.00	0.00	41.50
14	2.80	8.00	0.60	0.00	13.33
15	3.00	7.00	0.40	0.00	17.50
16	3.20	9.00	0.47	0.00	19.29
17	3.40	6.00	0.33	0.00	18.00
18	3.60	6.00	0.33	0.00	18.00
19	3.80	1.00	0.07	0.00	15.00
20	4.00	3.00	0.13	0.00	22.50
21	4.20	3.00	0.13	0.00	22.50
22	4.40	25.00	0.73	0.00	34.09
23	4.60	9.00	0.53	0.00	16.88
24	4.80	17.00	0.53	0.00	31.88
25	5.00	32.00	1.60	0.00	20.00
26	5.20	48.00	1.93	0.00	24.83
27	5.40	26.00	1.33	0.00	19.50
28	5.60	70.00	1.33	0.00	52.50
29	5.80	92.00	1.73	0.00	53.08
30	6.00	51.00	1.47	0.00	34.77
31	6.20	100.00	2.53	0.00	39.47
32	6.40	91.00	3.13	0.00	29.04
33	6.60	80.00	2.27	0.00	35.29
34	6.80	90.00	2.33	0.00	38.57
35	7.00	65.00	1.40	0.00	46.43
36	7.20	66.00	2.00	0.00	33.00
37	7.40	66.00	2.07	0.00	31.94
38	7.60	79.00	1.33	0.00	59.25
39	7.80	111.00	2.67	0.00	41.62
40	8.00	19.00	0.80	0.00	23.75
41	8.20	20.00	1.00	0.00	20.00
42	8.40	9.00	0.60	0.00	15.00
43	8.60	7.00	0.40	0.00	17.50
44	8.80	11.00	0.67	0.00	16.50
45	9.00	34.00	0.93	0.00	36.43
46	9.20	6.00	0.47	0.00	12.86
47	9.40	7.00	0.33	0.00	21.00
48	9.60	3.00	0.20	0.00	15.00
49	9.80	6.00	0.27	0.00	22.50
50	10.00	9.00	0.47	0.00	19.29

Tabella prova CPT n. 4

N.	Prof(m)	Rp(kg/cmq)	RI(kg/cmq)	Rt(kg)	Rp/RI
1	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.60	9.00	0.53	0.00	16.88
4	0.80	10.00	0.60	0.00	16.67
5	1.00	16.00	0.87	0.00	18.46
6	1.20	32.00	0.87	0.00	36.92
7	1.40	31.00	1.00	0.00	31.00
8	1.60	25.00	0.80	0.00	31.25
9	1.80	19.00	0.60	0.00	31.67
10	2.00	7.00	0.40	0.00	17.50
11	2.20	30.00	0.80	0.00	37.50
12	2.40	40.00	1.27	0.00	31.58
13	2.60	39.00	1.07	0.00	36.56
14	2.80	15.00	1.00	0.00	15.00
15	3.00	8.00	0.53	0.00	15.00
16	3.20	6.00	0.40	0.00	15.00
17	3.40	16.00	0.80	0.00	20.00
18	3.60	8.00	0.53	0.00	15.00
19	3.80	10.00	0.67	0.00	15.00
20	4.00	6.00	0.53	0.00	11.25
21	4.20	6.00	0.33	0.00	18.00
22	4.40	6.00	0.33	0.00	18.00
23	4.60	10.00	0.67	0.00	15.00
24	4.80	11.00	0.67	0.00	16.50
25	5.00	17.00	0.87	0.00	19.62
26	5.20	14.00	0.53	0.00	26.25
27	5.40	13.00	0.40	0.00	32.50
28	5.60	10.00	0.67	0.00	15.00
29	5.80	9.00	0.53	0.00	16.88
30	6.00	28.00	1.27	0.00	22.11
31	6.20	51.00	1.00	0.00	51.00
32	6.40	46.00	1.20	0.00	38.33
33	6.60	30.00	1.20	0.00	25.00
34	6.80	67.00	1.60	0.00	41.88
35	7.00	53.00	1.73	0.00	30.58
36	7.20	79.00	1.47	0.00	53.86
37	7.40	67.00	2.73	0.00	24.51
38	7.60	80.00	2.93	0.00	27.27
39	7.80	77.00	1.93	0.00	39.83
40	8.00	110.00	2.73	0.00	40.24
41	8.20	118.00	2.53	0.00	46.58
42	8.40	103.00	1.47	0.00	70.23
43	8.60	142.00	2.60	0.00	54.62
44	8.80	126.00	2.73	0.00	46.10
45	9.00	126.00	3.00	0.00	42.00
46	9.20	134.00	1.80	0.00	74.44
47	9.40	98.00	2.07	0.00	47.42
48	9.60	112.00	2.47	0.00	45.41
49	9.80	85.00	1.93	0.00	43.97
50	10.00	68.00	1.87	0.00	36.43

Tabella prova CPT n. 5

N.	Prof(m)	Rp(kg/cmq)	RI(kg/cmq)	Rt(kg)	Rp/RI
1	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.40	10.00	0.40	0.00	25.00
3	0.60	16.00	0.53	0.00	30.00
4	0.80	18.00	0.40	0.00	45.00
5	1.00	18.00	0.60	0.00	30.00
6	1.20	20.00	0.73	0.00	27.27
7	1.40	24.00	0.67	0.00	36.00
8	1.60	25.00	1.07	0.00	23.44
9	1.80	37.00	1.00	0.00	37.00
10	2.00	38.00	1.13	0.00	33.53
11	2.20	31.00	0.80	0.00	38.75
12	2.40	34.00	1.27	0.00	26.84
13	2.60	51.00	1.73	0.00	29.42
14	2.80	113.00	2.47	0.00	45.81
15	3.00	120.00	2.40	0.00	50.00
16	3.20	16.00	0.93	0.00	17.14
17	3.40	8.00	0.53	0.00	15.00
18	3.60	10.00	0.40	0.00	25.00
19	3.80	15.00	0.40	0.00	37.50
20	4.00	6.00	0.47	0.00	12.86
21	4.20	6.00	0.40	0.00	15.00
22	4.40	5.00	0.27	0.00	18.75
23	4.60	6.00	0.33	0.00	18.00
24	4.80	9.00	0.27	0.00	33.75
25	5.00	22.00	1.07	0.00	20.63
26	5.20	3.00	0.20	0.00	15.00
27	5.40	5.00	0.27	0.00	18.75
28	5.60	20.00	1.07	0.00	18.75
29	5.80	49.00	0.73	0.00	66.82
30	6.00	21.00	1.53	0.00	13.70
31	6.20	62.00	1.87	0.00	33.21
32	6.40	69.00	2.67	0.00	25.87
33	6.60	90.00	2.40	0.00	37.50
34	6.80	95.00	1.67	0.00	57.00
35	7.00	38.00	2.60	0.00	14.62
36	7.20	41.00	3.67	0.00	11.18
37	7.40	92.00	2.00	0.00	46.00
38	7.60	84.00	2.53	0.00	33.16
39	7.80	106.00	1.93	0.00	54.83
40	8.00	67.00	2.93	0.00	22.84
41	8.20	110.00	3.33	0.00	33.00
42	8.40	70.00	2.47	0.00	28.38
43	8.60	119.00	3.73	0.00	31.88
44	8.80	114.00	3.33	0.00	34.20
45	9.00	120.00	4.00	0.00	30.00
46	9.20	121.00	3.60	0.00	33.61
47	9.40	105.00	2.00	0.00	52.50
48	9.60	97.00	2.00	0.00	48.50
49	9.80	86.00	1.87	0.00	46.07
50	10.00	121.00	2.53	0.00	47.76
51	10.20	98.00	3.87	0.00	25.34
52	10.40	138.00	3.53	0.00	39.06
53	10.60	131.00	1.93	0.00	67.76

Sig. Dal Dosso Giuseppe

Tabella prova CPT n. 5

N.	Prof(m)	Rp(kg/cmq)	RI(kg/cmq)	Rt(kg)	Rp/RI
54	10.80	16.00	1.00	0.00	16.00
55	11.00	26.00	1.47	0.00	17.73
56	11.20	23.00	1.60	0.00	14.38
57	11.40	13.00	1.13	0.00	11.47
58	11.60	16.00	0.87	0.00	18.46
59	11.80	12.00	0.87	0.00	13.85
60	12.00	11.00	0.67	0.00	16.50
61	12.20	8.00	0.67	0.00	12.00
62	12.40	12.00	0.67	0.00	18.00
63	12.60	12.00	0.53	0.00	22.50
64	12.80	14.00	0.67	0.00	21.00
65	13.00	13.00	0.80	0.00	16.25
66	13.20	10.00	0.60	0.00	16.67
67	13.40	13.00	0.60	0.00	21.67
68	13.60	13.00	0.80	0.00	16.25
69	13.80	38.00	2.60	0.00	14.62
70	14.00	90.00	2.87	0.00	31.40
71	14.20	78.00	3.20	0.00	24.38
72	14.40	181.00	3.93	0.00	46.02
73	14.60	180.00	4.00	0.00	45.00
74	14.80	226.00	3.67	0.00	61.64
75	15.00	181.00	4.33	0.00	41.77
76	15.20	200.00	3.73	0.00	53.57
77	15.40	192.00	4.00	0.00	48.00
78	15.60	144.00	2.47	0.00	58.38
79	15.80	78.00	3.73	0.00	20.89
80	16.00	20.00	2.67	0.00	7.50
81	16.20	15.00	1.00	0.00	15.00
82	16.40	30.00	0.80	0.00	37.50
83	16.60	23.00	1.40	0.00	16.43
84	16.80	37.00	2.33	0.00	15.86
85	17.00	71.00	3.33	0.00	21.30
86	17.20	100.00	3.27	0.00	30.61
87	17.40	102.00	2.00	0.00	51.00
88	17.60	53.00	2.20	0.00	24.09
89	17.80	56.00	3.07	0.00	18.26
90	18.00	132.00	2.60	0.00	50.77
91	18.20	122.00	3.87	0.00	31.55
92	18.40	120.00	4.00	0.00	30.00
93	18.60	166.00	3.60	0.00	46.11
94	18.80	160.00	3.60	0.00	44.44
95	19.00	107.00	3.53	0.00	30.28
96	19.20	110.00	3.20	0.00	34.38
97	19.40	88.00	4.13	0.00	21.29
98	19.60	100.00	2.60	0.00	38.46
99	19.80	76.00	2.87	0.00	26.51
100	20.00	33.00	1.40	0.00	23.57
101	20.20	8.00	1.47	0.00	5.45
102	20.40	16.00	1.07	0.00	15.00
103	20.60	54.00	3.07	0.00	17.61
104	20.80	32.00	3.40	0.00	9.41
105	21.00	24.00	1.33	0.00	18.00
106	21.20	17.00	0.73	0.00	23.18

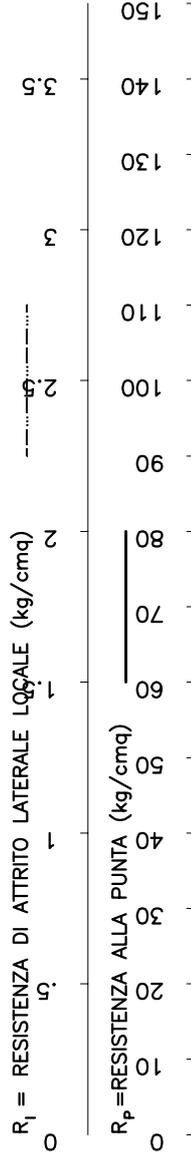


INGEO SINTESI S.r.l.

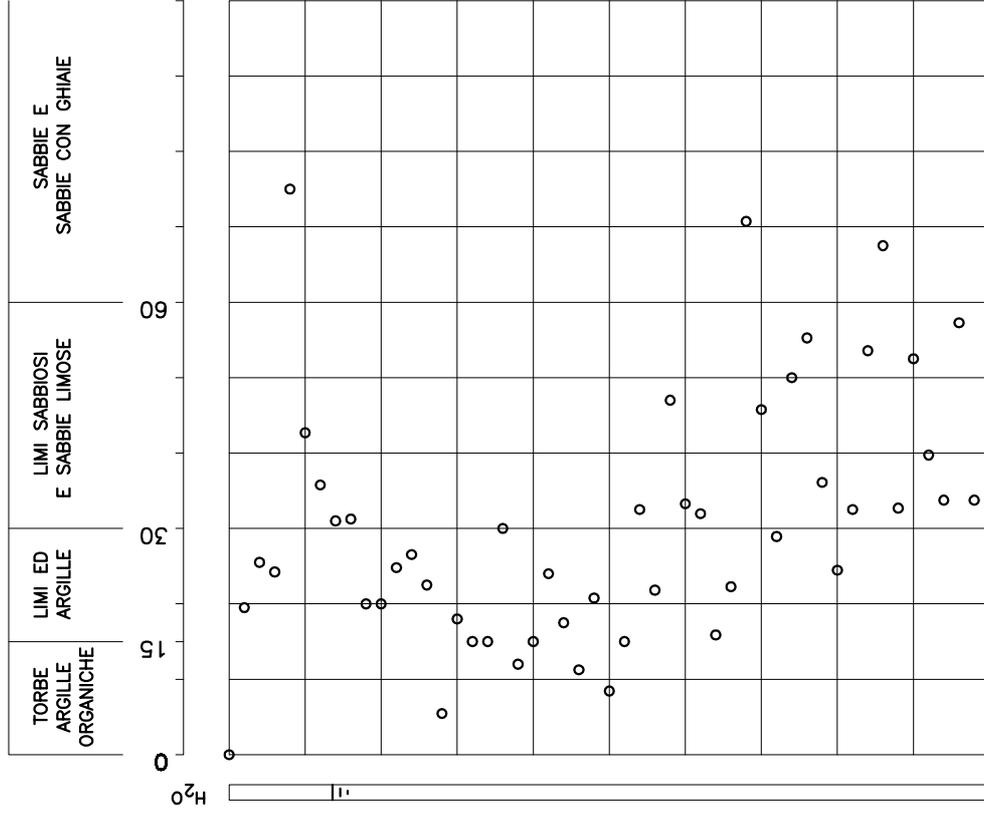
Via Pola 24, 36040 Torri di Quartesolo (VI)
 tel. 0444/267406 fax. 0444/269455
 e-mail: ingeo@ingeosintesi.it

COMMITTENTE: Sig. Dal Dosso Giuseppe CANTIERE: Via Parolina – Vicenza DATA: 19/12/201	P.P.Sn.
	Quota
	1
	0

PROVA PENETROMETRICA STATICA (P.P.S.)



CLASSIFICAZIONE DEI TERRENI MEDIANTE IL RAPPORTO R_p/R_l (A.G.I. 1977)



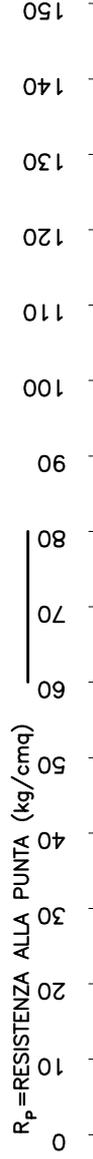
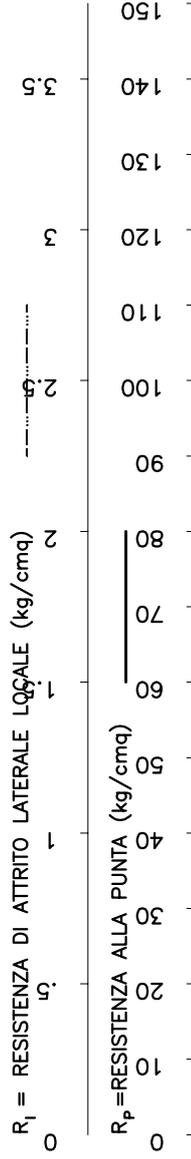


INGEO SINTESI S.r.l.

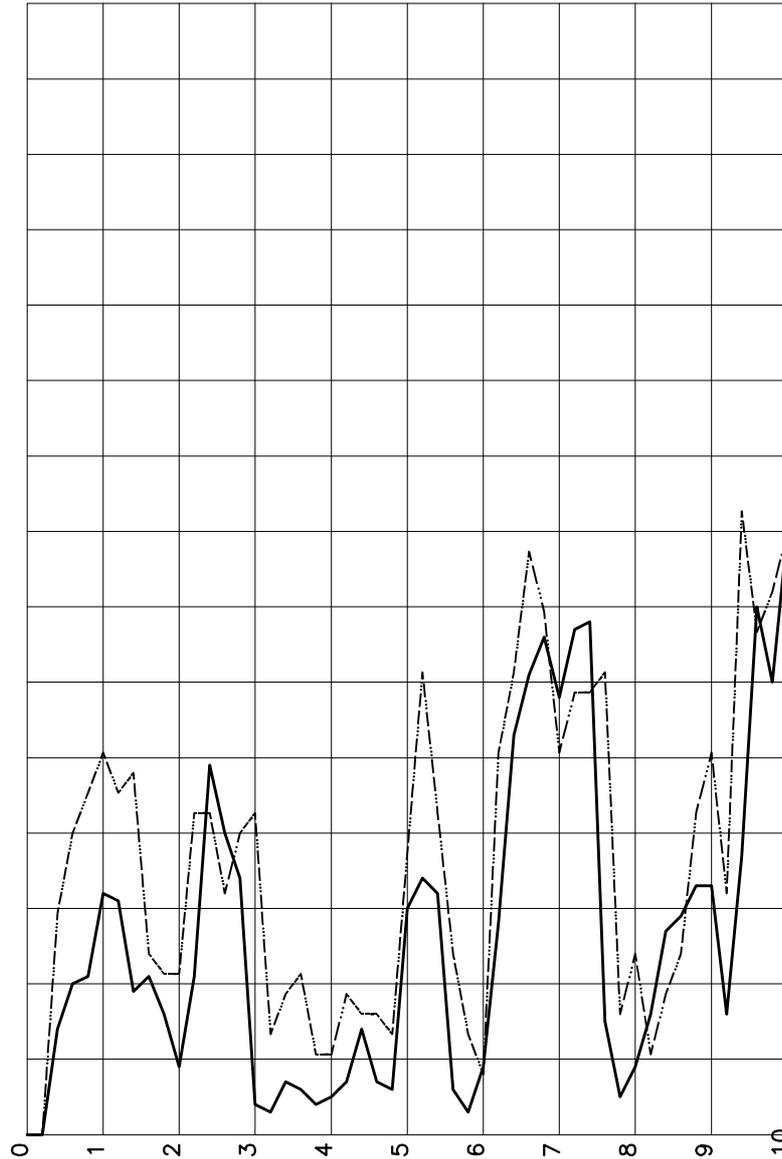
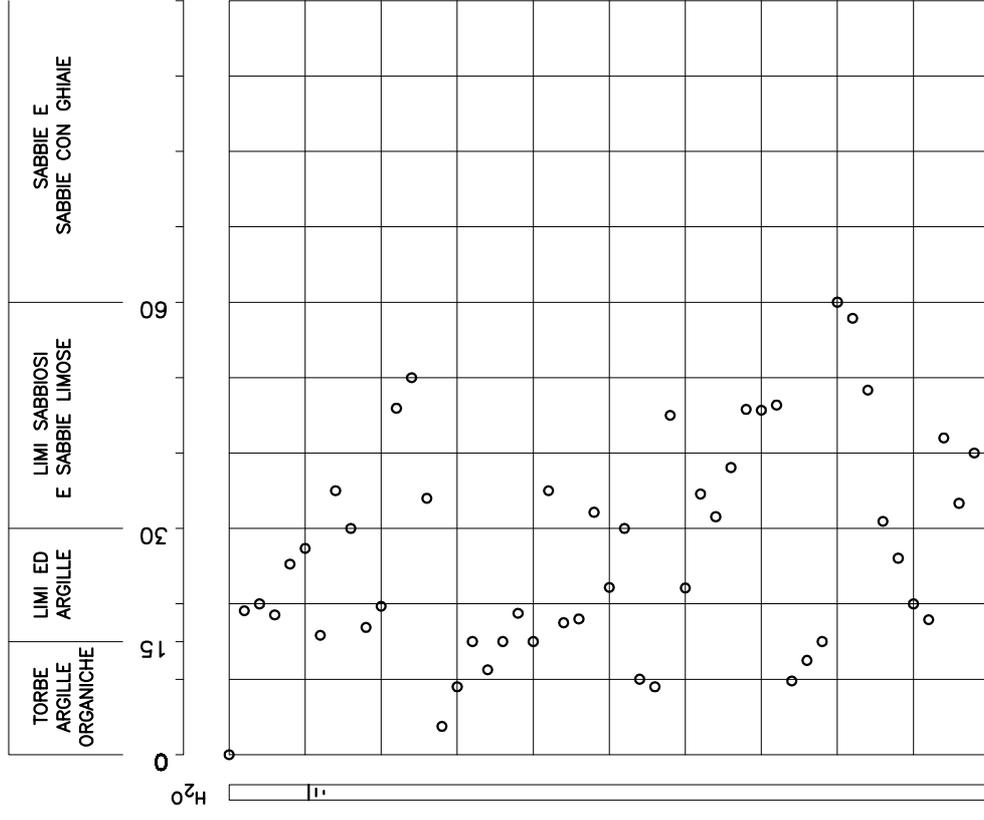
Via Pola 24, 36040 Torri di Quartesolo (VI)
 tel. 0444/267406 fax. 0444/269455
 e-mail: ingeo@ingeosintesi.it

COMMITTENTE: Sig. Dal Dosso Giuseppe	P.P.Sn.
CANTIERE: Via Parolina – Vicenza	2
DATA: 19/12/201	Quota
	0

PROVA PENETROMETRICA STATICA (P.P.S.)



CLASSIFICAZIONE DEI TERRENI MEDIANTE IL RAPPORTO R_p/R_l (A.G.I. 1977)



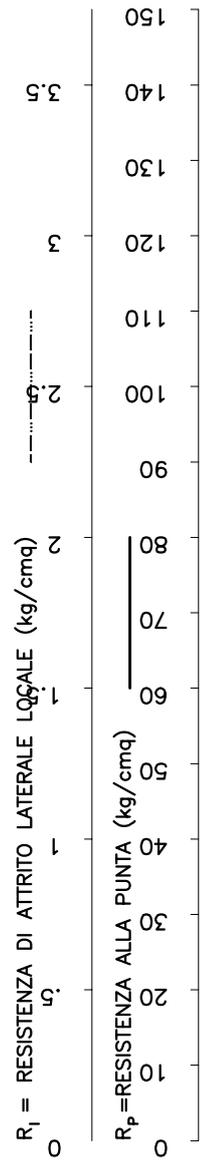


INGEO SINTESI S.r.l.

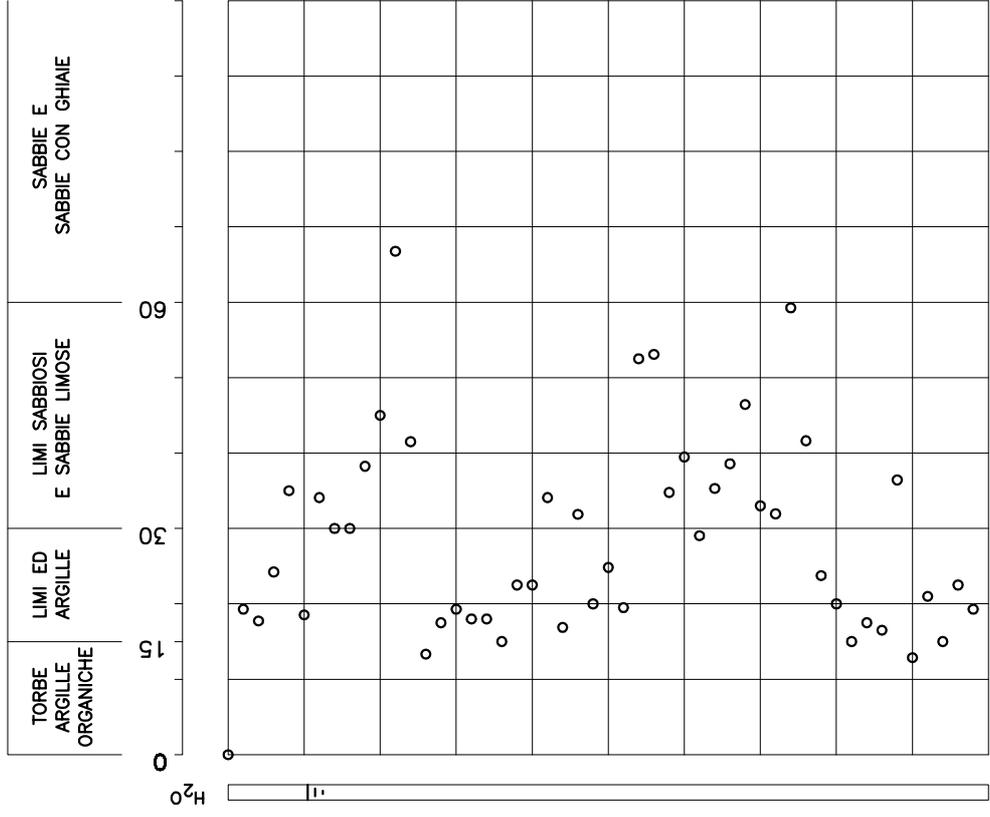
Via Pola 24, 36040 Torri di Quartesolo (VI)
 tel. 0444/267406 fax. 0444/269455
 e-mail: ingeo@ingeosintesi.it

COMMITTENTE: Sig. Dal Dosso Giuseppe CANTIERE: Via Parolina – Vicenza DATA: 19/12/201	P.P.Sn. 3
	Quota 0

PROVA PENETROMETRICA STATICA (P.P.S.)



CLASSIFICAZIONE DEI TERRENI MEDIANTE IL RAPPORTO R_p/R_l (A.G.I. 1977)



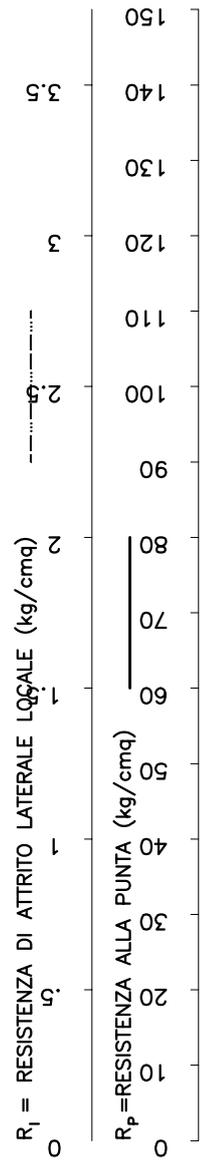


INGEO SINTESI S.r.l.

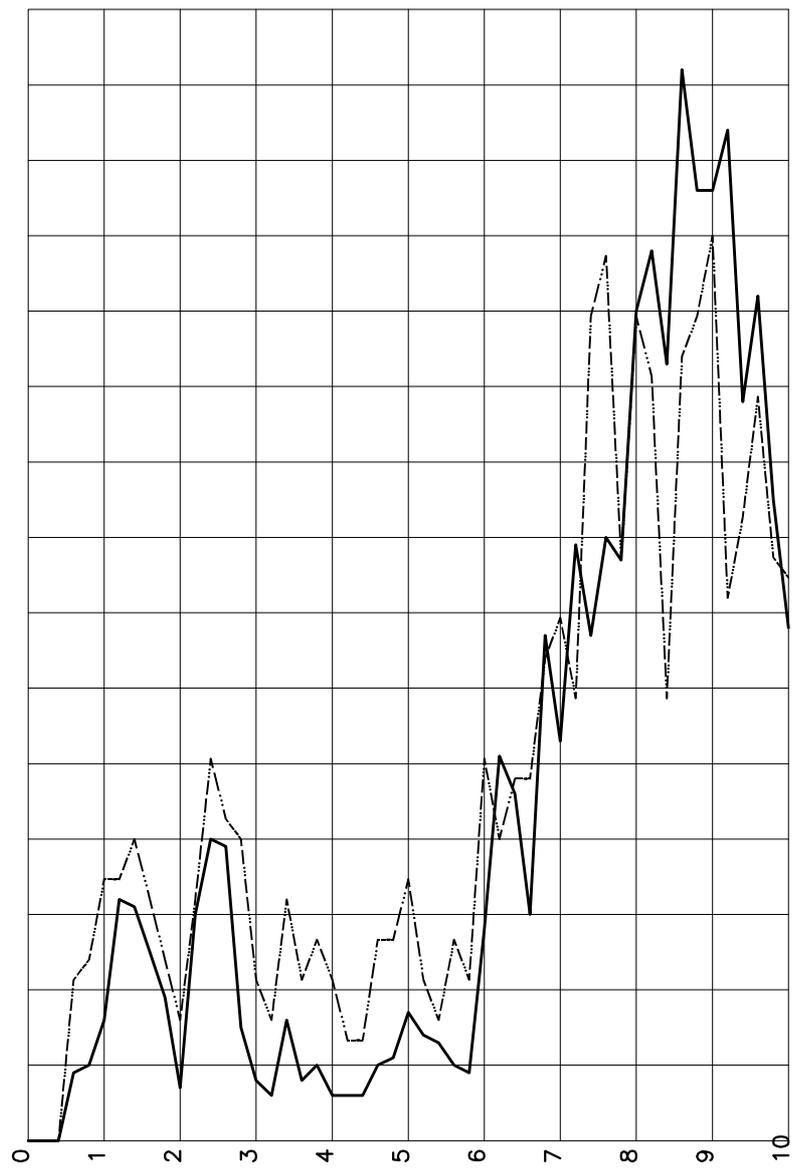
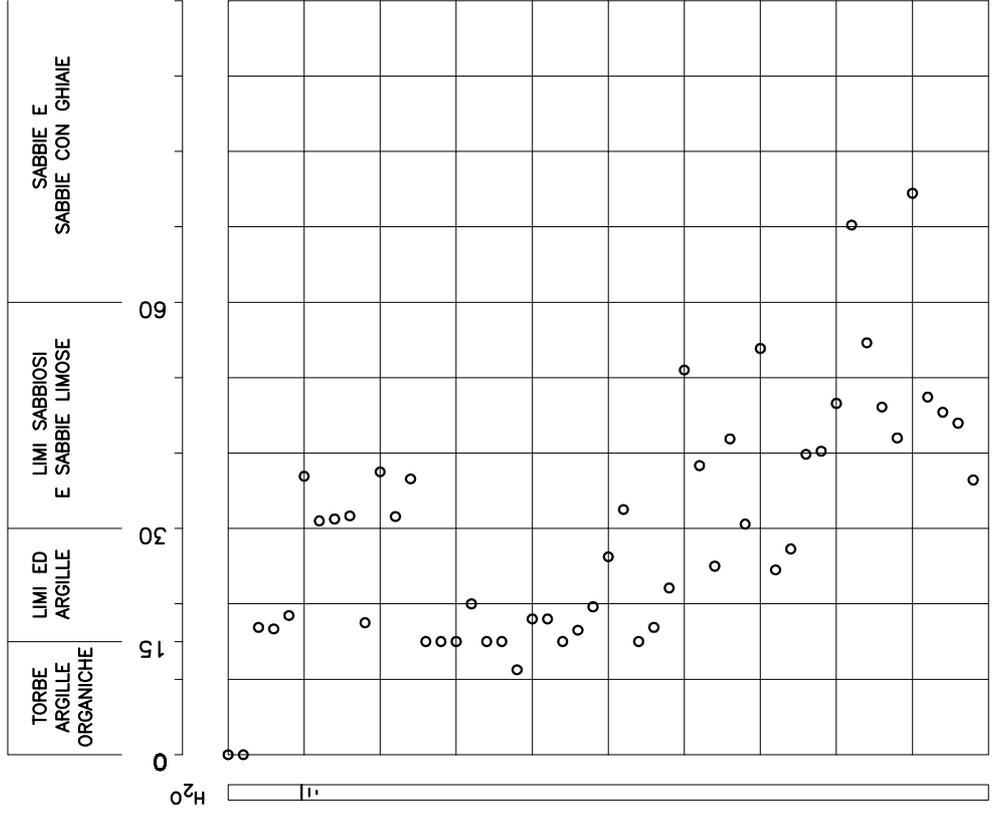
Via Pola 24, 36040 Torri di Quartesolo (VI)
 tel. 0444/267406 fax. 0444/269455
 e-mail: ingeo@ingeosintesi.it

COMMITTENTE: Sig. Dal Dosso Giuseppe CANTIERE: Via Parolina – Vicenza DATA: 19/12/201	P.P.Sn. 4
	Quota 0

PROVA PENETROMETRICA STATICA (P.P.S.)



CLASSIFICAZIONE DEI TERRENI MEDIANTE IL RAPPORTO R_p/R_t (A.G.I. 1977)





INGEO SINTESI s.r.l.

Via Pola 24, 36040 Torri di Quartesolo (VI)
tel. 0444/267406 fax. 0444/269455
e-mail: ingeo@ingeosintesi.it

COMMITTENTE: Sig. Dal Dosso Giuseppe

CANTIERE: Via Parolina - Vicenza

DATA: 19/12/201

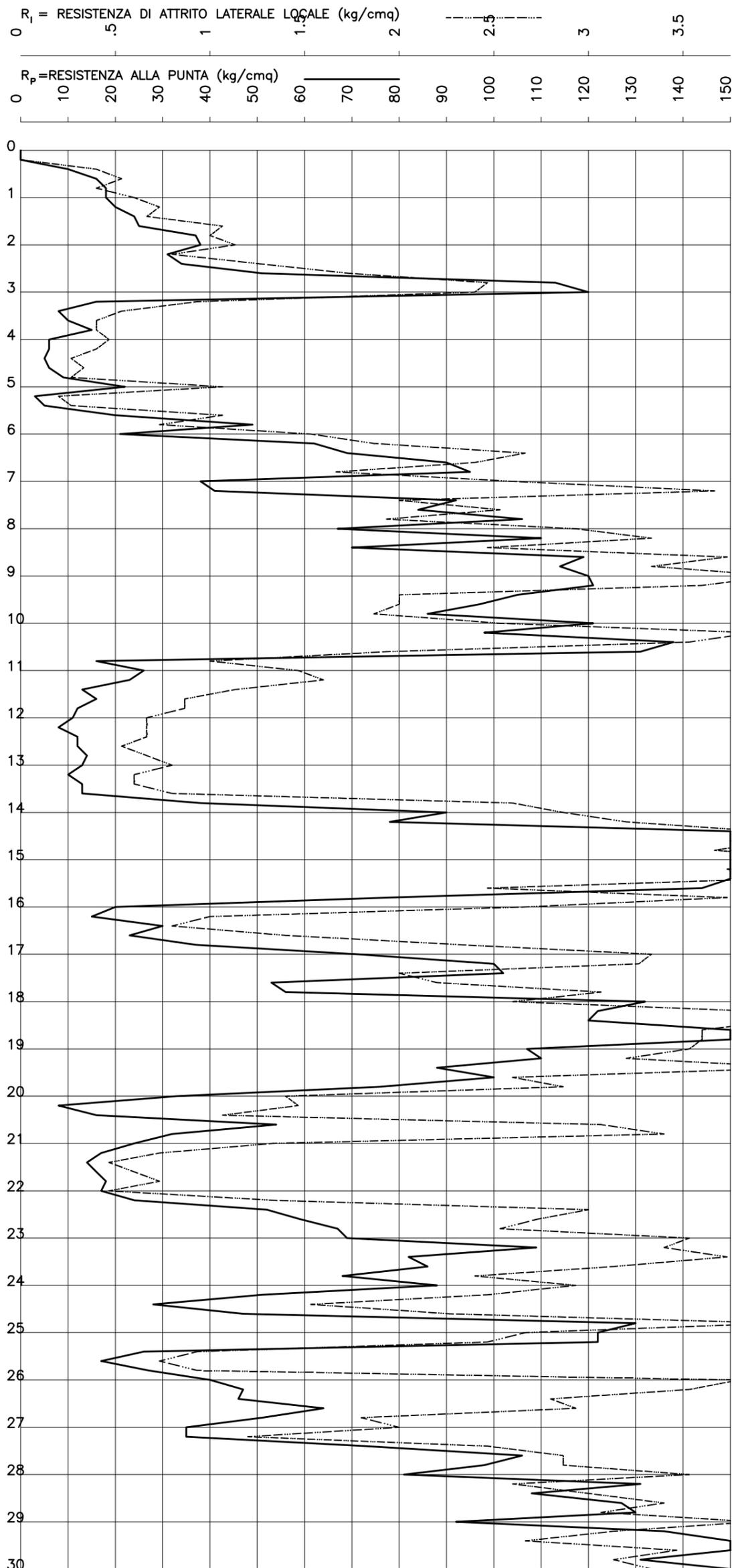
P.P.Sn.

5

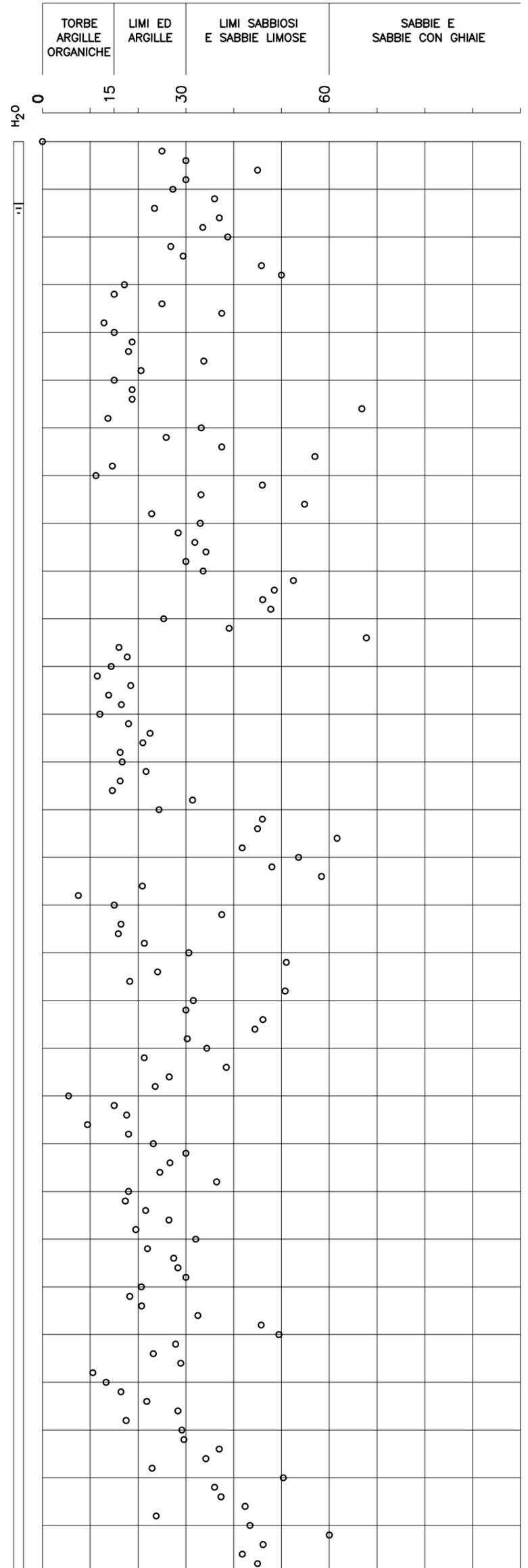
Quota

0

PROVA PENETROMETRICA STATICA (P.P.S.)



CLASSIFICAZIONE DEI TERRENI MEDIANTE IL RAPPORTO R_p/R_l (A.G.I. 1977)





INGEO SINTESI s.r.l.
Via Pola, 24 - 36040 Torri di Quartesolo (VI)
tel. 0444-267406, fax. 0444-269455
email: ingeo@ingeosintesi.it

Committente Sig. Dal Dosso Giuseppe

Cantiere Via Parolina

Località Vicenza

Data Inizio 19/12/2011 Data Fine 19/12/2011

SONDAGGIO

S1

Il geologo

Armellini

Scala 1:50	Potenza	Stratigrafia	Descrizione	Campioni
	0.60		Terreno vegetale agrario argilloso limoso	
1	0.90		Sabbia grossa limosa marrone scuro	0.60 C1
2	1.50		Sabbia grossa con ghiaia minuta	1.50
3	0.50		Argilla grigia	
	0.10		Torba	
4	0.40		Argilla grigia	



INGEO SINTESI s.r.l.
Via Pola, 24 - 36040 Torri di Quartesolo (VI)
tel. 0444-267406, fax. 0444-269455
email: ingeo@ingeosintesi.it

Committente Sig. Dal Dosso Giuseppe

Cantiere Via Parolina

Località Vicenza

Data Inizio 19/12/2011 Data Fine 19/12/2011

SONDAGGIO

S2

Il geologo

Armellini

Scala 1:50	Potenza	Stratigrafia	Descrizione	Campioni
	0.50		Terreno vegetale agrario argilloso limoso	
1	2.30		Sabbia grossa limosa marrone scuro	0.50
2				C1
3	1.20		Argilla grigia	1.50
4				

INGEO SINTESI srl

Via Pola, 24 – 36040 Torri di Quartesolo VI

tel.0444 26.74.06 fax. 0444.26.94.55

e-mail ingeo@ingeosintesi.it , mchendi@ingeosintesi.it



ALLEGATO 2

- RAPPORTI DELLE ANALISI GEOTECNICHE DI LABORATORIO

INGEO SINTESI srl

Via Pola, 24

36040 TORRI DI QUARTESOLO (VI)

PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

cantiere di esecuzione e/o provenienza campioni:

VICENZA Via Parolina - Dal Dosso

rapporti di prova allegati:

prove geotecniche in sito:

rapporti relativi a ciascun campione:

3997/L-3998/L

il presente fascicolo contiene n. 4 pagine compresa la presente.

Sperimentatore

Dr. Geol. Andrea Baldracchi

GEOTECHNA srl

36040 Torri di Quartesolo (VI)
Via degli Avieri, 26 P. IVA 00673940243
Tel 0444 389495 Fax 0444 263413

Direttore di Laboratorio

Dr. Geol. Renato Bartolomei

Torri di Quartesolo (VI), 27/12/11

archivio n. 073/11

QUESTO DOCUMENTO NON POTRA' ESSERE DUPLICATO PARZIALMENTE SENZA IL CONSENSO SCRITTO DI GEOTECHNA S.R.L.

archivio n°	073/11	rapporto prova n°: cl 3997/L	pagina	1/1	
campione ricevuto il	22/12/11	inizio prove	22/12/11	emissione	27/12/11
Committente :	INGEO SINTESI srl				
Cantiere :	VICENZA - VIA PAROLINA - DAL DOSSO				
Sondaggio n°	S1	Campione n°	C1	quota m	0.60-1.50
PROVE DI CLASSIFICAZIONE GEOTECNICA CAMPIONE RIMANEGGIATO					

descrizione campione

terreno sabbioso limoso bruno rosso (F92)

(valutazione colore sec. tab. colorimetrica A.
Cailleux - G Taylor)

contenuto d'acqua (ASTM D2216)

contenuto in acqua	W %	-
--------------------	-----	---

frazioni passanti in % a mm

	2.00	0.40	0.075
composizione granulometrica	98	63	16

limiti di consistenza o di Atterberg (ASTM D4318)

limite di liquidità	W _L %	26
limite di plasticità	W _p %	24
indice di plasticità	I _p %	2

ASTM D4318

ONE-POINT - Method B

$WI\% = W(N/25)^{0.121}$		
n° colpi N	27	27
W%	25.6	25.6
WI%	25.8	25.9

indice di gruppo	I _g	0
------------------	----------------	----------

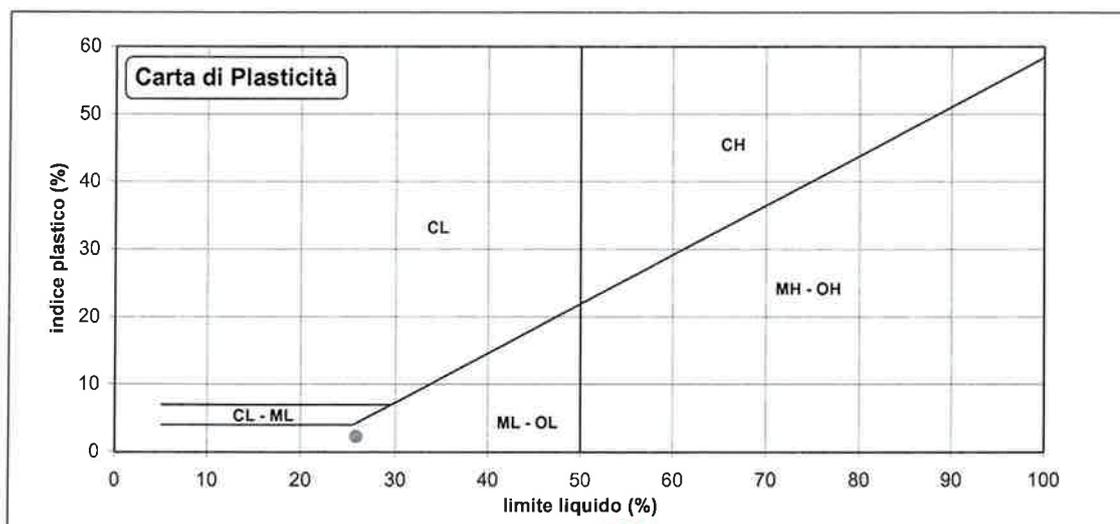
Limiti Atterberg eseguiti su campione :

ALLO STATO NATURALE

AL PASSANTE 0.4 mm

classificazione **UNI 10006**

A2-4



Sperimentatore

(Signature)

(Dr. Geol. Andrea Baldracchi)

GEOTECHNA srl



36040 Torri di Quartesolo (VI)
 Via degli Avieri, 26 P. IVA 00673940243
 Tel 0444 389495 Fax 0444 263413

Direttore del Laboratorio

(Signature)

(Dr. Geol. Renato Bartolomei)



archivio n°	073/11	rapporto prova n°: cl 3998/L	pagina	1/1	
campione ricevuto il	22/12/11	inizio prove	22/12/11	emissione	27/12/11
Committente :	INGEO SINTESI srl				
Cantiere :	VICENZA - VIA PAROLINA - DAL DOSSO				
Sondaggio n°	S2	Campione n	C1	quota m	0.50-1.50
PROVE DI CLASSIFICAZIONE GEOTECNICA CAMPIONE RIMANEGGIATO					

descrizione campione

terreno sabbioso limoso argilloso bruno scuro (H52)

(valutazione colore sec. tab. colorimetrica A.
Cailleux - G Taylor)

contenuto d'acqua (ASTM D2216)

contenuto in acqua	W %	-
--------------------	-----	---

frazioni passanti in % a mm

	2.00	0.40	0.075
composizione granulometrica	100	73	25

limiti di consistenza o di Atterberg (ASTM D4318)

limite di liquidità	W _L %	28
limite di plasticità	W _p %	21
indice di plasticità	I _p %	6

ASTM D4318

ONE-POINT - Method B

$$W_I\% = W(N/25)^{0.121}$$

indice di gruppo	I _g	0
------------------	----------------	----------

n° colpi N	24	25
W%	28.0	28.0
W _I %	27.8	28.0

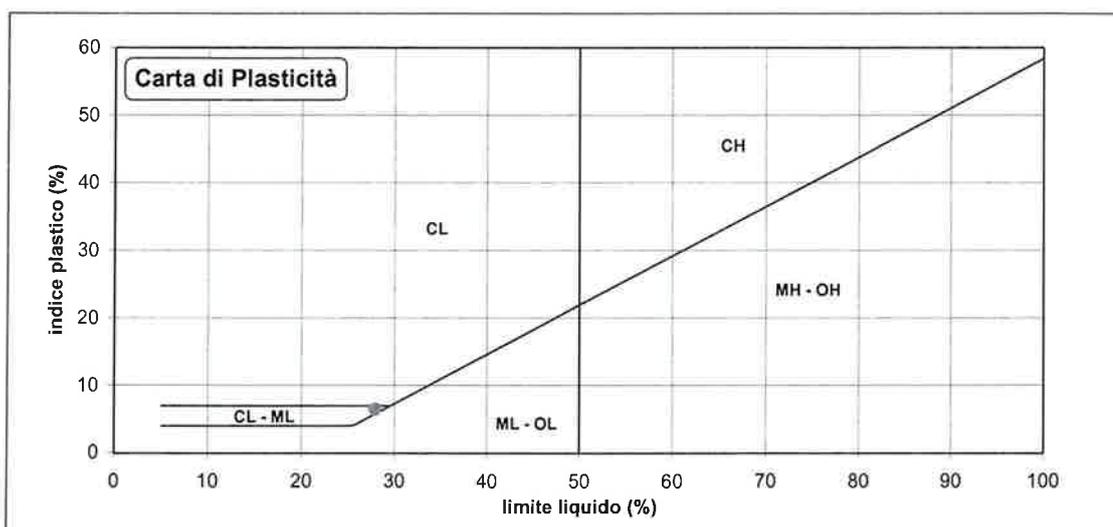
Limiti Atterberg eseguiti su campione :

ALLO STATO NATURALE

AL PASSANTE 0.4 mm

classificazione **UNI 10006**

A2-4



Sperimentatore

(Signature)

(Dr. Geol. Andrea Baldracchi)

GEOTECHNA srl

36040 Torri di Quatesolo (VI)
 Via degli Avieri, 26 P.IVA 00673940243
 Tel 0444 389495 Fax 0444 263413

Direttore del Laboratorio

(Signature)

(Dr. Geol. Renato Bartolomei)



Committente: INGEO SINTESI s.r.l. – Torri di Quartesolo (Vicenza)

INDAGINE SISMICA CON TECNICHE ATTIVA "MASW" E PASSIVA
(MICROTREMORI) IN UN LOTTO DI TERRENO SITUATO IN VIA
PAROLINA, IN COMUNE DI VICENZA

IL GEOLOGO

Dr. Francesco Marinoni

Francesco Marinoni

DICEMBRE 2011

STUDIO GEOLOGICO DR. FRANCESCO MARINONI

Galleria Roma, 10 - 35020 Albignasego (PD) - Tel. 049 712340 cell. 348 3366872

INDICE

1. PREMESSA.....	1
2. PROSPEZIONE GEOSISMICA.....	1
2.1 ANALISI DELLE ONDE DI SUPERFICIE CON TECNICA ATTIVA “MASW”	3
2.1.1 Generalità sulle onde di superficie e la tecnica attiva.....	3
2.1.2 Operazioni di campagna.....	4
2.1.3 Elaborazione dati	4
2.2 ANALISI DELLE ONDE DI SUPERFICIE CON TECNICA PASSIVA	5
2.2.1 Generalità sulla tecnica passiva	5
2.2.2 Operazioni di campagna.....	5
2.3. RISULTATI OTTENUTI CON L’ANALISI DELLE ONDE DI SUPERFICIE	6
3. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	8

INDAGINE SISMICA CON TECNICHE ATTIVA “MASW” E PASSIVA (MICROTREMORI) IN UN LOTTO DI TERRENO SITUATO IN VIA PAROLINA, IN COMUNE DI VICENZA

1. PREMESSA

La prospezione geofisica è stata eseguita con la metodologia sismica basata sull'analisi della velocità di propagazione delle onde di superficie, utilizzando sia la tecnica attiva denominata “MASW”, sia la tecnica passiva o dei microtremori. Il lotto di terreno investigato si trova lungo Via Parolina, in Comune di Vicenza ; al suo interno, è prevista la realizzazione di fabbricati ad uso residenziale.

Dal punto di vista geologico, l'area si colloca in una zona di media pianura, con quote del piano campagna prossime a 35 m s.l.m.; la stratigrafia del sottosuolo, desumibile dalla precedente esecuzione di prove penetrometriche, indica la presenza, fino alla profondità di 30 m dal p.c., di alternanze di terreni argillosi, argilloso - limosi, limoso - sabbiosi e sabbiosi.

La prospezione geofisica, eseguita sul terreno il giorno 19 dicembre 2011, si è articolata in tre stendimenti sismici, ubicati secondo lo schema riportato nella Figura 1. Si vuole qui ricordare che i risultati dell'indagine geofisica derivano da prove indirette e, pertanto, non va loro attribuito il medesimo valore di quello derivante da prove dirette.

2. PROSPEZIONE GEOSISMICA

L'indagine geosismica è stata finalizzata alla ricostruzione del modello di distribuzione della velocità delle onde di taglio (V_s) nel sottosuolo e, quindi, alla classificazione dello stesso secondo quanto previsto dall'O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003 e dal D.M. 14 gennaio 2008 “*Norme tecniche per le costruzioni*”, del quale si riporta, un estratto del Capitolo 3, punto 3.2.2 “*Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche*”, dove viene introdotto il concetto di V_{s30} per la classificazione dei suoli ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto.

Tabella 3.2.II - Categorie di sottosuolo

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.

B – *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto 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 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT\ 30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u\ 30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

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_{s30} compresi tra 180 e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT\ 30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u\ 30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

D – Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o 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 $N_{SPT\ 30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u\ 30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).

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

Fatta salva la necessità della caratterizzazione geotecnica dei terreni nel volume significativo, ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente V_{s30} di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità. 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. Per i muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

(Omissis)

Per sottosuoli appartenenti alle ulteriori categorie S1 ed S2 di seguito indicate (Tab. 3.2. III) è necessario predisporre specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche, particolarmente nei casi in cui la presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o argille d'elevata sensibilità possa comportare fenomeni di collasso del terreno.

Tabella 3.2.III - Categorie aggiuntive di sottosuolo

S1 – Depositi di terreni caratterizzati da valori di V_{s30} inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u\ 30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fine di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o argille altamente organiche.

S2 – Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

La velocità equivalente delle onde di taglio V_{s30} è definita dall'espressione:

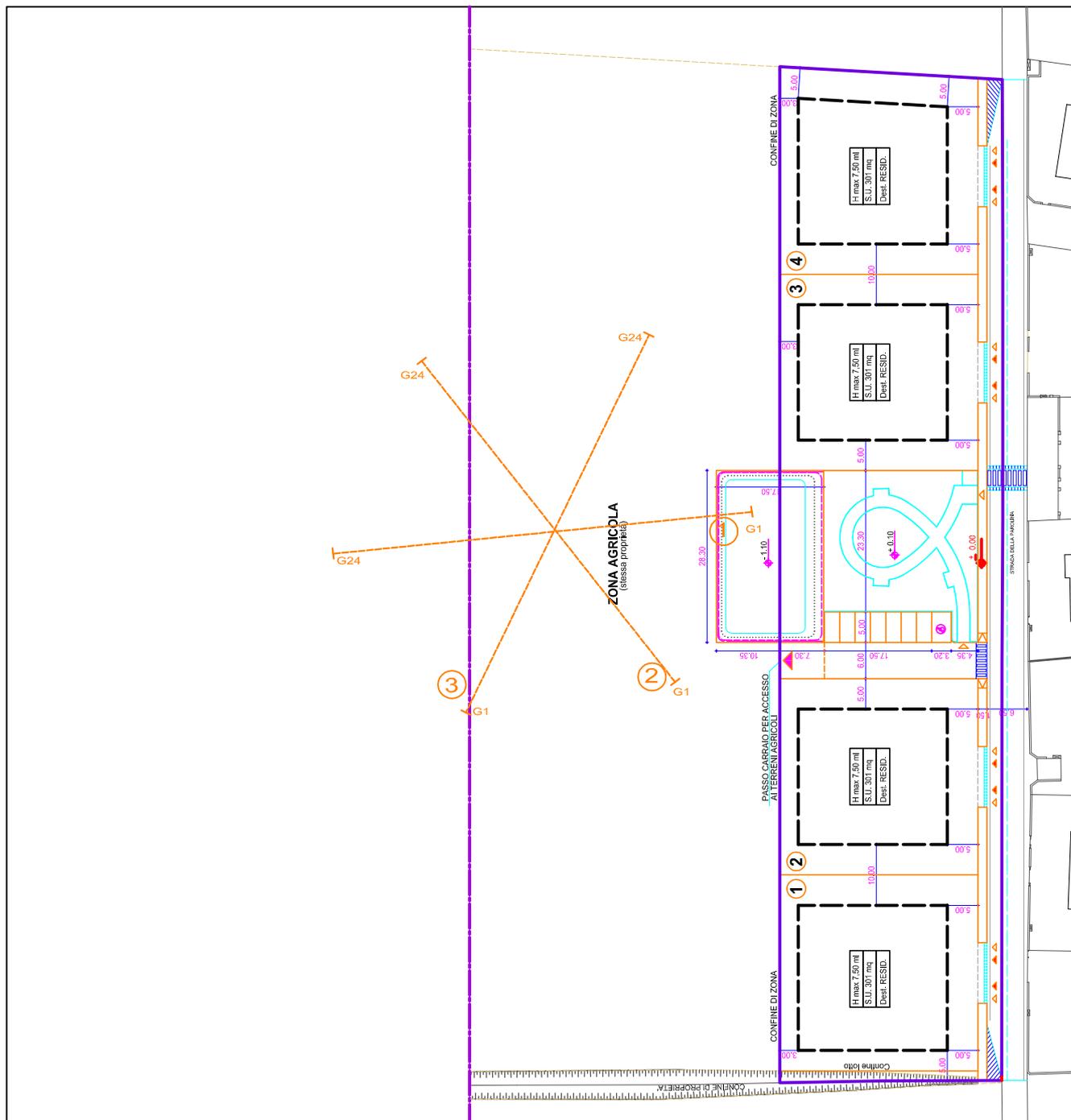
$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad (\text{m/s})$$

Nella precedente espressione si indica con:

h_i spessore (in metri) dell'i-esimo strato compreso nei primi 30 m di profondità;

$V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati compresi nei primi 30 m di profondità.



UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOFISICHE



Profilo sismico attivo "MASW" e passivo, con indicazione dei geofoni estremi

SCALA 1:10000

Figura 1

2.1 ANALISI DELLE ONDE DI SUPERFICIE CON TECNICA ATTIVA “MASW”

2.1.1 GENERALITÀ SULLE ONDE DI SUPERFICIE E LA TECNICA MASW

Le onde in grado di propagarsi nei pressi di una superficie libera sono conosciute come onde superficiali. Tra queste, le *onde di Rayleigh*, si producono alla superficie libera di un mezzo dalla combinazione delle onde longitudinali e trasversali. Possono essere trasmesse sulla superficie di un semispazio uniforme o in un mezzo in cui la velocità cambia con la profondità. Le onde superficiali si caratterizzano per una proprietà denominata “*dispersione*”, cioè ogni componente in frequenza (e quindi lunghezza d'onda) possiede diversa velocità (chiamata *velocità di fase*). Lo studio della dispersione delle onde superficiali costituisce uno dei metodi utilizzati per la determinazione della velocità delle onde di taglio (V_s). La velocità di propagazione delle onde Rayleigh varia tra $0,9 V_s$ e $0,95 V_s$.

Con le registrazioni effettuate secondo la tecnica MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) metodo investigativo sviluppato soprattutto da ricercatori del Kansas Geological Survey (Park, Miller e Xia, 1999) è possibile distinguere ed evidenziare, all'interno del sismogramma di registrazione, le onde di Rayleigh, le quali normalmente sono caratterizzate da un'elevata ampiezza del segnale (circa il 60% dell'energia prodotta dalla sorgente di energia si distribuisce in onde di superficie). Una particolare analisi spettrale denominata “*Overtone analysis*” produce un grafico *velocità di fase - frequenza* in cui si può distinguere il modo fondamentale delle onde di superficie, da cui ricavare la curva di dispersione.

L'andamento verticale delle V_s è poi ricavato per inversione 1D, partendo dalla curva di dispersione, cioè la curva di velocità delle onde Rayleigh, V_{fase} - frequenza, può essere convertita nel diagramma V_s - profondità. I valori di V_s sono riferiti al centro dello stendimento e sono relativi al volume di sottosuolo sotteso dallo stendimento stesso.

La tecnica operativa consiste nel disporre sul terreno un profilo lineare di geofoni (array) a bassa frequenza (preferibilmente 4,5 Hz), egualmente spaziat; quindi si effettuano una o più energizzazioni mediante massa battente a diverse distanze dal primo geofono (source offset). Per ogni punto di energizzazione viene registrato il corrispondente sismogramma, che viene poi importato nel software di elaborazione.

La prospezione eseguita mediante analisi delle onde di superficie offre alcuni vantaggi rispetto alle tecniche classiche di sismica a rifrazione, tra i quali si segnala la relativa facilità di lettura del segnale anche in aree antropizzate e quindi caratterizzate da elevato rumore di fondo e la possibilità di evidenziare la presenza di inversioni di velocità nel sottosuolo. Per la tecnica attiva, le limitazioni sono date dalla profondità di indagine, che spesso è inferiore rispetto a quella raggiungibile con la tecnica passiva e dall'elevata sensibilità a variazioni laterali di litologia.

La conoscenza della V_s è utile quando sia necessario valutare la variabilità geotecnica dei materiali presenti nel sottosuolo, in quanto consente di rilevarne le proprietà fisiche, essendo i valori di V_s proporzionali al grado di compattezza dei mezzi percorsi e, a differenza delle onde P

(onde longitudinali) non influenzati dalle condizioni di saturazione dei sedimenti. Va precisato che la correlazione tra parametri geofisici e caratteristiche litologiche-geomeccaniche ha carattere qualitativo, soprattutto se non sussiste la possibilità di tarare l'interpretazione geofisica mediante il confronto con informazioni provenienti da indagini geognostiche di tipo diretto. La determinazione della velocità media delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità, consente di classificare il sottosuolo secondo quanto stabilito dalla normativa antisismica.

2.1.2 OPERAZIONI DI CAMPAGNA

L'ubicazione dei profili sismici è riportata in Figura 1. Nella tabella seguente sono riassunti i parametri geometrici relativi ai profili stessi.

	Direzione	Lunghezza (m)	Passo intergeofonico (m)	Source offset (m)
Profilo N° 1	N 60 E	69	3	6 - 9
Profilo N° 2	N 60 O	69	3	6 - 9
Profilo N° 3	N - S	69	3	3 - 9

Per l'acquisizione degli impulsi sismici è stato usato un sismografo digitale a 24 tracce, modello "Geode", della Ditta EG & G GEOMETRICS e 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4,5 Hz. Il tempo di registrazione è stato fissato, per ogni registrazione, pari a 2 secondi, con intervallo di campionamento di 0,5 ms. Come sorgente di energia sismica è stata utilizzata una massa battente. La registrazione dei dati è avvenuta su personal computer portatile, collegato al sismografo.

2.1.3 ELABORAZIONE DATI

L'elaborazione dei dati sismici è stata effettuata utilizzando il programma SURFSEIS, vers. 2.0, prodotto e fornito dal Kansas Geological Survey (USA). In sintesi, l'elaborazione si articola nei seguenti passaggi principali:

- 1) Generazione dal file di registrazione, di un file compatibile con il formato utilizzato dal software e contenente le caratteristiche geometriche del profilo;
- 2) analisi del segnale mediante la tecnica "overtone analysis";
- 3) costruzione della curva di dispersione (velocità di fase in funzione della frequenza);
- 4) inversione della curva di dispersione e generazione del modello di velocità delle Vs.

Il risultato finale di tali elaborazioni consiste in un diagramma nel quale è riportato l'andamento della velocità delle onde di taglio in rapporto alla profondità. Nelle figure riportate nel testo sono illustrate le overtone analysis, con la traccia della curva di dispersione e il modello della Vs ricavato dall'inversione.

2.2 ANALISI DELLE ONDE DI SUPERFICIE CON TECNICA PASSIVA

2.2.1 GENERALITÀ SULLA TECNICA PASSIVA

La tecnica passiva si basa ugualmente sull'analisi della modalità di propagazione nel sottosuolo delle onde di superficie, ma differisce da quella attiva perché invece di generare il segnale sismico mediante una sorgente artificiale, viene registrato il rumore sismico esistente nel sottosuolo ("microtremori"), originato sia da cause naturali (vento, ecc.) sia da cause di origine antropica (traffico, vibrazioni prodotte da macchinari di vario genere ecc.). Questa caratteristica rappresenta uno dei principali vantaggi del metodo passivo, che consente di operare anche in ambiente urbano, proprio perché il rumore stesso rappresenta una fonte di segnale utile, mentre per gli altri metodi sismici rappresenta una fonte di disturbo.

Rispetto alla tecnica attiva, quella passiva consente, di solito, di raggiungere una maggiore profondità di indagine, in virtù delle frequenze più basse (lunghezze d'onda maggiori) che è possibile registrare e analizzare. La tecnica passiva può, talvolta, avere limitato potere risolutivo nei primi metri di profondità e, per tale motivo, è utile abbinarla a quella attiva che invece offre notevole precisione nella parte più superficiale del sottosuolo.

In generale, con il metodo passivo non essendo nota la direzione di provenienza del rumore sismico, la misura della velocità delle onde di superficie può essere affetta da una certa imprecisione nel caso di misure con dispositivi rettilinei. Per tale motivo, se possibile, si effettuano profili rettilinei orientati con direzioni diverse o si usano dispositivi di misura che si sviluppano su più direzioni (dispositivi 2D). Nel corso di questa indagine sono stati utilizzati dispositivi rettilinei, orientati secondo tre diverse direzioni. Come per la tecnica attiva, il profilo delle Vs che si ricava, va riferito al centro del dispositivo ed è rappresentativo del volume di sottosuolo interessato dallo stendimento sismico.

Le fasi operative consistono nel disporre sul terreno i geofoni secondo lo schema prestabilito e quindi effettuare, per ogni profilo, più registrazioni del rumore ambientale, al fine di incrementare l'efficacia del segnale. L'elaborazione dei dati è stata effettuata utilizzando il software SEISMAGER vers. 2.07: la procedura elaborativa è simile a quella descritta per la tecnica attiva, ad eccezione della prima fase che prevede la somma (stacking) delle varie registrazioni effettuate e la successiva analisi per ricavare lo spettro.

2.2.2 OPERAZIONI DI CAMPAGNA

I profili lineari passivi coincidono con quelli attivi sia come direzione, sia come caratteristiche geometriche, per cui si può fare riferimento alla Tabella riportata nel paragrafo 2.1.2. Per l'acquisizione degli impulsi sismici è stato usato il sismografo "Geode" e 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4,5 Hz. Il trigger è in questo caso manuale e viene azionato direttamente dal sismografo, via software. Per ogni profilo sono state effettuate 30 acquisizioni, ognuna con un tempo di registrazione pari a 30 s e con intervallo di campionamento pari a 2 ms.

2.3. RISULTATI OTTENUTI CON L'ANALISI DELLE ONDE DI SUPERFICIE

Nelle Figure 2a, 2b, 3a, 3b, 4a e 4b sono riportati gli spettri conseguiti sia in modalità attiva, sia passiva. Da questi spettri sono state generate le curve di dispersione, l'inversione delle quali ha consentito di ricavare i modelli di Vs riportati sotto ogni singolo spettro. Di seguito si riassumono i risultati ottenuti: sono indicati il range di frequenza considerato per effettuare il "picking" della curva di dispersione e gli intervalli di profondità relativi ai principali livelli sismostratigrafici, con riferimento al piano campagna attuale.

Profilo N° 1 (Figure 2a e 2b)

TECNICA MASW ATTIVA Frequenza utile = 6 - 39 Hz.

Intervallo profondità (m)	Vs (m/s)
0 ÷ 4,4	124 ÷ 157
4,4 ÷ 9,5	211 ÷ 218
9,5 ÷ 13	189
13 ÷ 16,2	290

TECNICA PASSIVA Frequenza utile = 2,4 - 18 Hz.

Intervallo profondità (m)	Vs (m/s)
0 ÷ 4,5	119
4,5 ÷ 15	242 ÷ 282
15 ÷ 24,5	240
24,5 ÷ 32	264 ÷ 288

V_{s30} = 216 m/s
Categoria sottosuolo = C

Profilo N° 2 (Figure 3a e 3b)

TECNICA MASW ATTIVA Frequenza utile = 5,4 - 39 Hz.

Intervallo profondità (m)	Vs (m/s)
0 ÷ 6,4	125 ÷ 182
6,4 ÷ 12,5	240 ÷ 248
12,5 ÷ 15,7	209

TECNICA PASSIVA Frequenza utile = 2,2 - 28 Hz.

Intervallo profondità (m)	Vs (m/s)
0 ÷ 4,4	137 ÷ 143
4,4 ÷ 10,4	221 ÷ 244
10,4 ÷ 14	196
14 ÷ 32	265 ÷ 323

V_{s30} = 232 m/s
Categoria sottosuolo = C

Come si vede nella Figura 2b lo spettro passivo ottenuto con questo profilo è risultato poco definito, soprattutto per frequenze maggiori di 10 Hz. Per tale motivo, la curva di dispersione passiva è stata integrata con quella ricavata utilizzando le misure MASW.

Profilo N° 3 (Figure 4a e 4b)

TECNICA MASW ATTIVA Frequenza utile = 3 - 40 Hz.

Intervallo profondità (m)	Vs (m/s)
0 ÷ 5,3	135 ÷ 150
5,3 ÷ 26,5	218 ÷ 243
26,5 ÷ 32	269

V_{s30} = 213 m/s
Categoria sottosuolo = C

TECNICA PASSIVA Frequenza utile = 2,2 – 13 Hz.

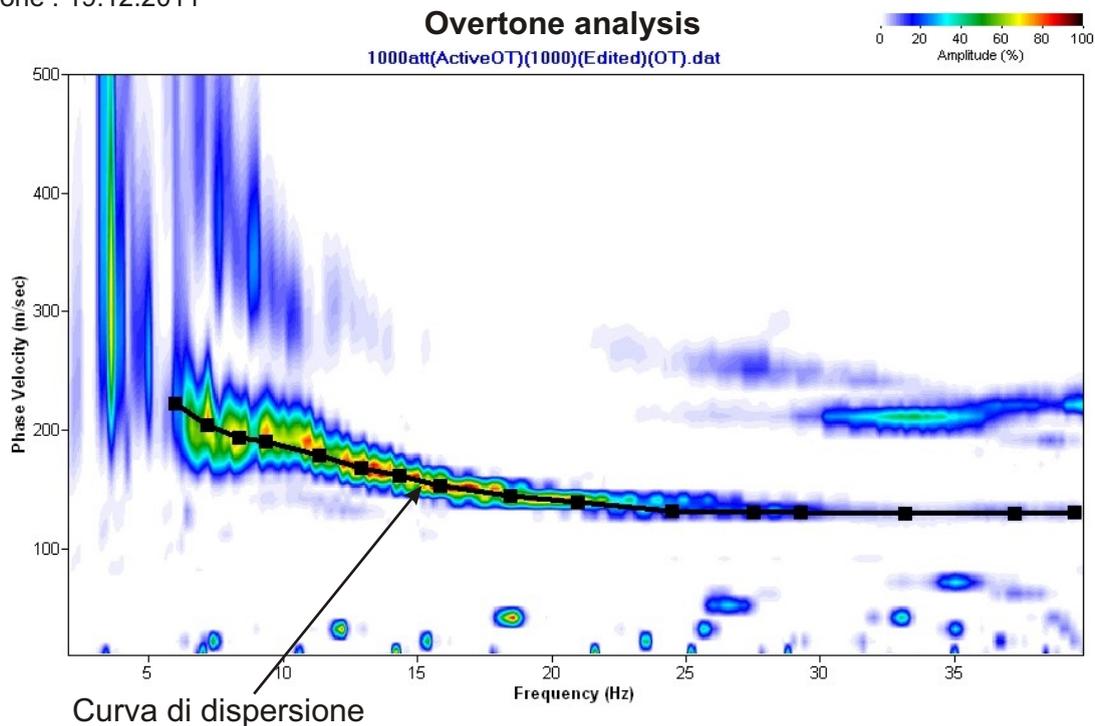
Intervallo profondità (m)	Vs (m/s)
0 ÷ 6,9	142 ÷ 165
6,9 ÷ 13,4	230 ÷ 279
13,4 ÷ 21,2	238 ÷ 248
21,2 ÷ 32	281 ÷ 344

V_{s30} = 225 m/s
Categoria sottosuolo = C

PROFILO N° 1

TECNICA MASW ATTIVA

Località : Via Parolina - Vicenza
Data esecuzione : 19.12.2011



Modello velocità onde di taglio (V_s)

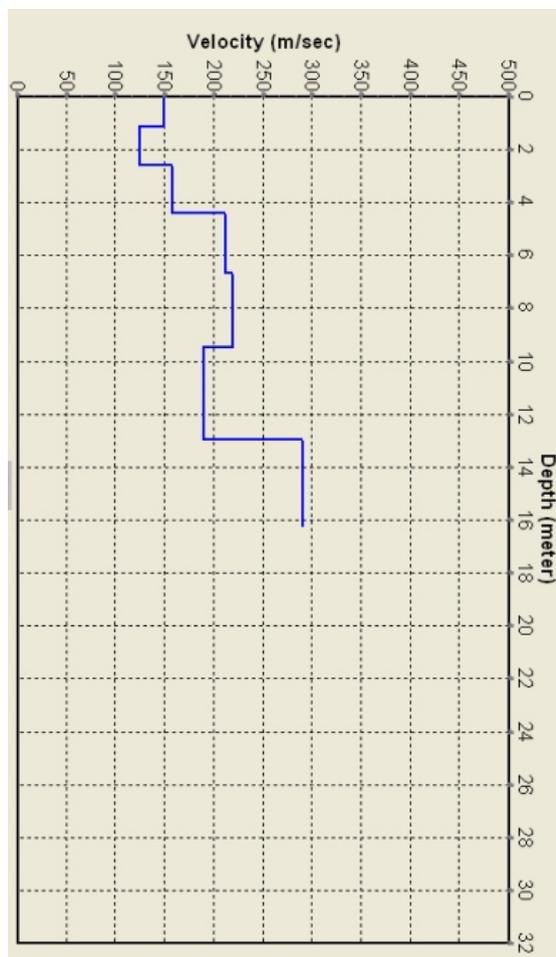


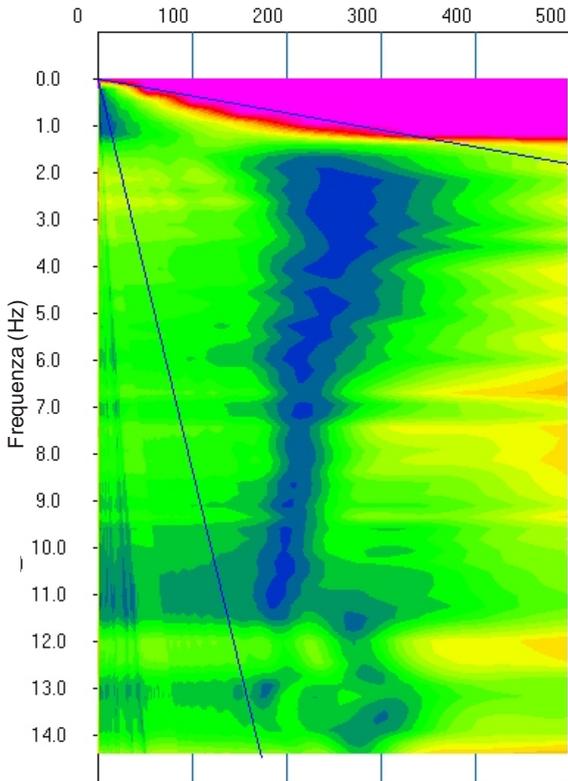
Figura 2a

PROFILO N° 1

TECNICA PASSIVA (MICROTREMORI)

Analisi spettrale

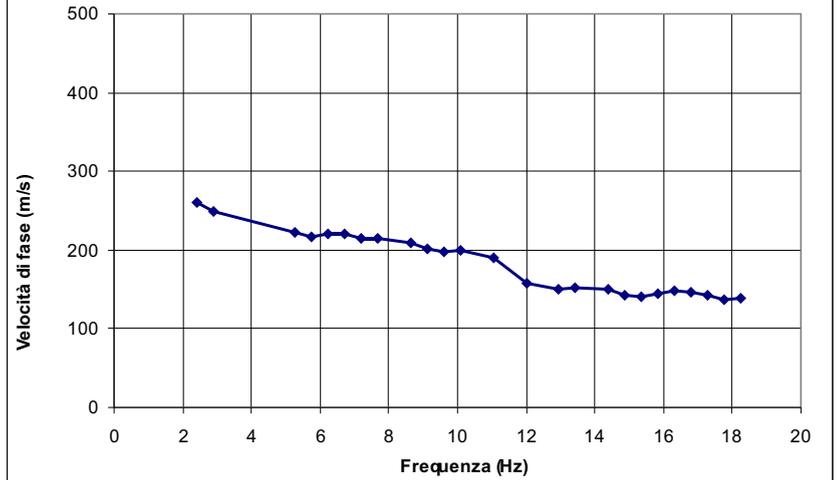
Velocità di fase (m/s)



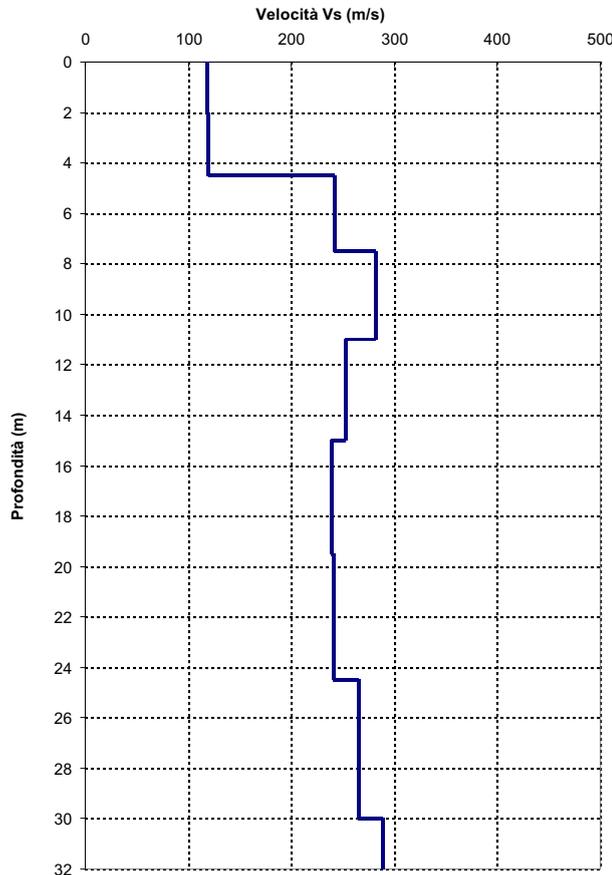
Località : Via Parolina - Vicenza

Data esecuzione : 19.12.2011

Curva di dispersione



Modello velocità onde di taglio (V_s)



$V_{s_{30}} = 216 \text{ m/s}$

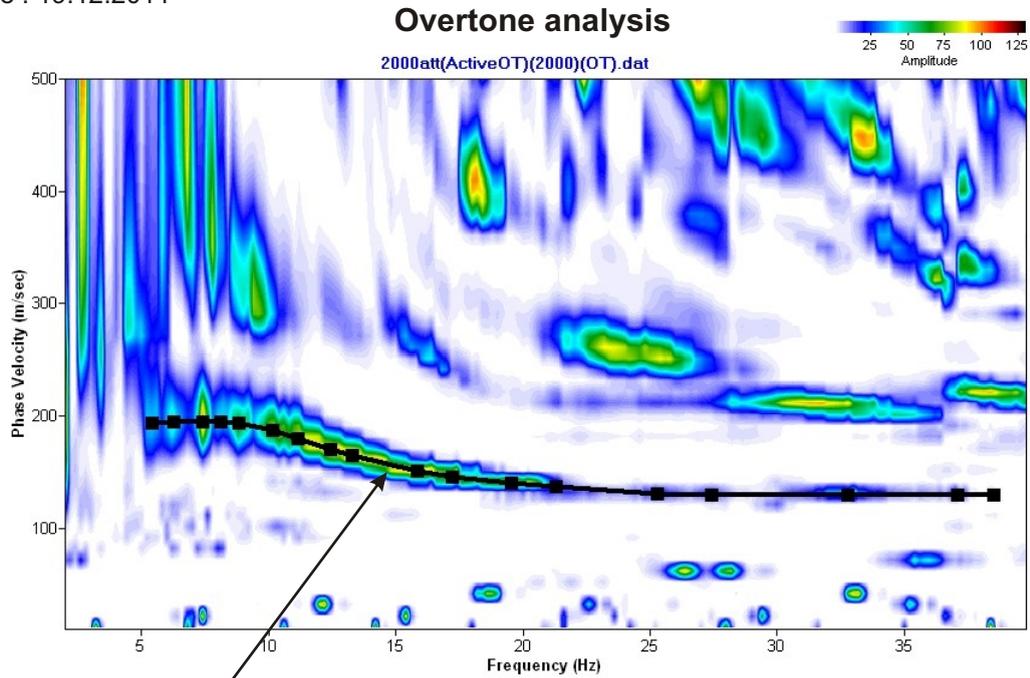
**CATEGORIA
SOTTOSUOLO = C**

Figura 2b

PROFILO N° 2

TECNICA MASW ATTIVA

Località : Via Parolina - Vicenza
Data esecuzione : 19.12.2011



Curva di dispersione

Modello velocità onde di taglio (V_s)

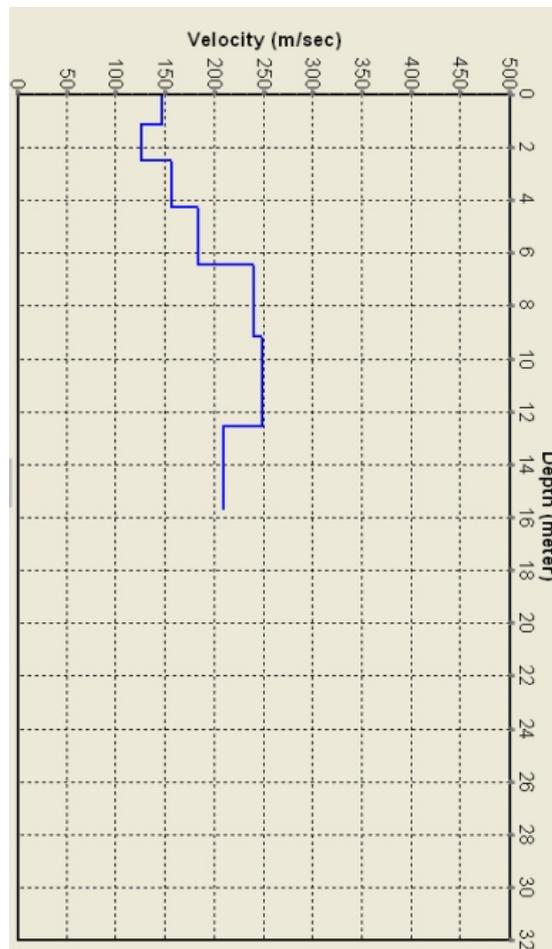


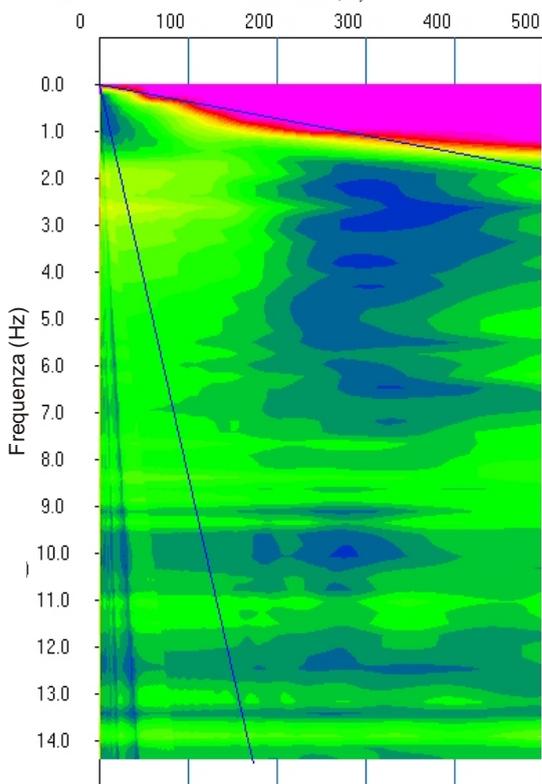
Figura 3a

PROFILO N° 2

TECNICA PASSIVA (MICROTREMORI)

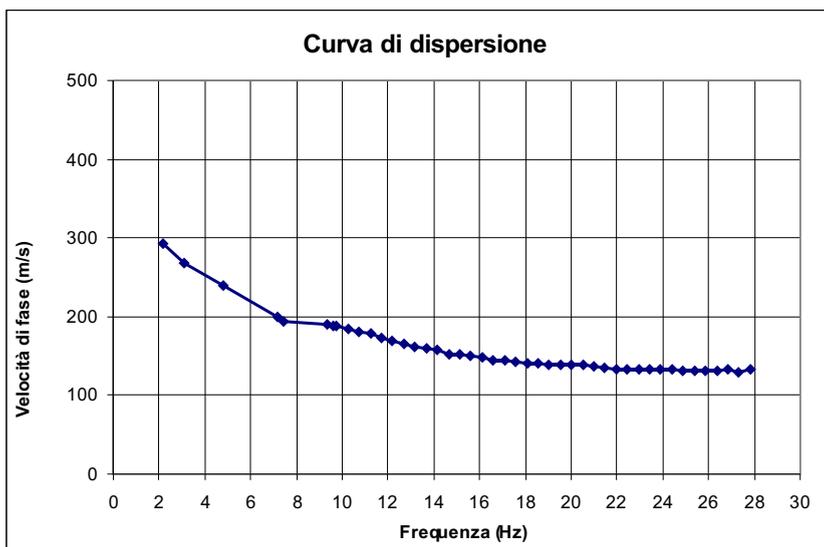
Analisi spettrale

Velocità di fase (m/s)

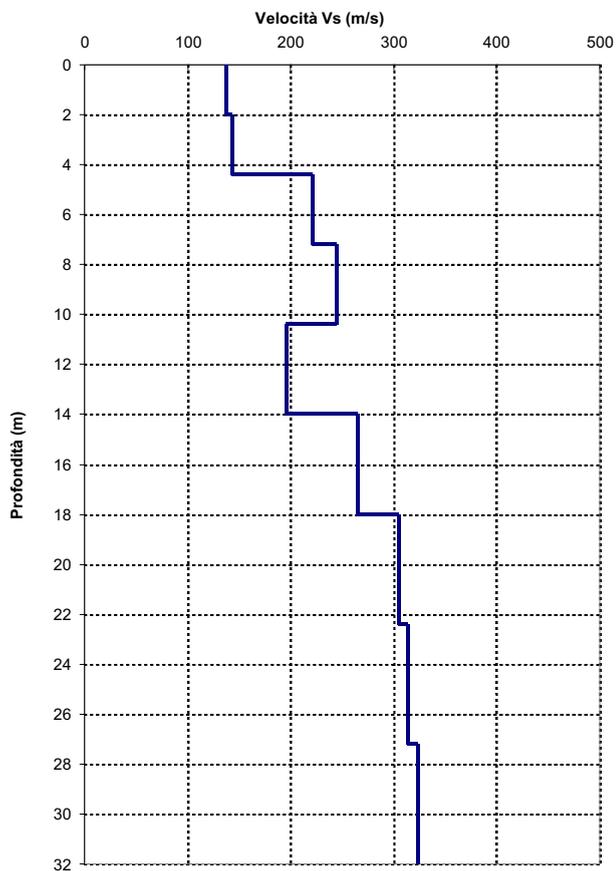


Località : Via Parolina - Vicenza
Data esecuzione : 19.12.2011

Curva di dispersione



Modello velocità onde di taglio (V_s)



$V_{s30} = 232 \text{ m/s}$

**CATEGORIA
SOTTOSUOLO = C**

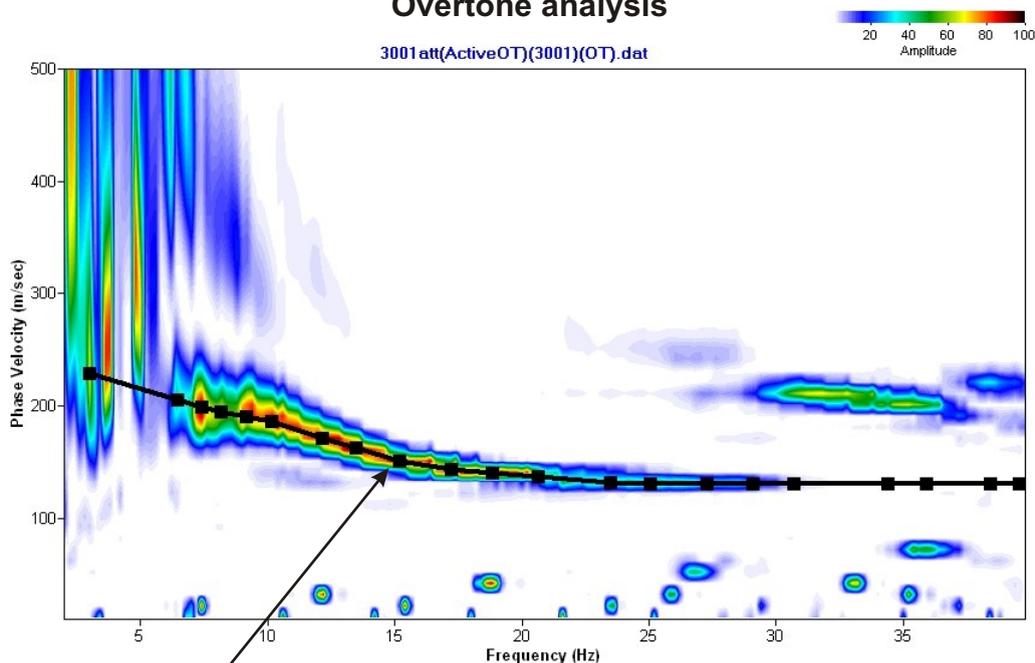
Figura 3b

PROFILO N° 3

TECNICA MASW ATTIVA

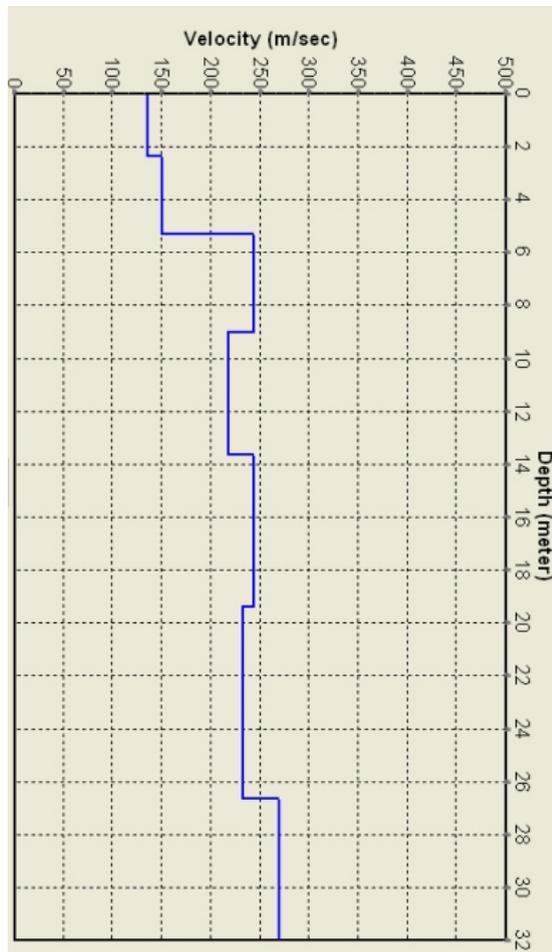
Località : Via Parolina - Vicenza
Data esecuzione : 19.12.2011

Overtone analysis



Curva di dispersione

Modello velocità onde di taglio (V_s)



$V_{s30} = 213 \text{ m/s}$

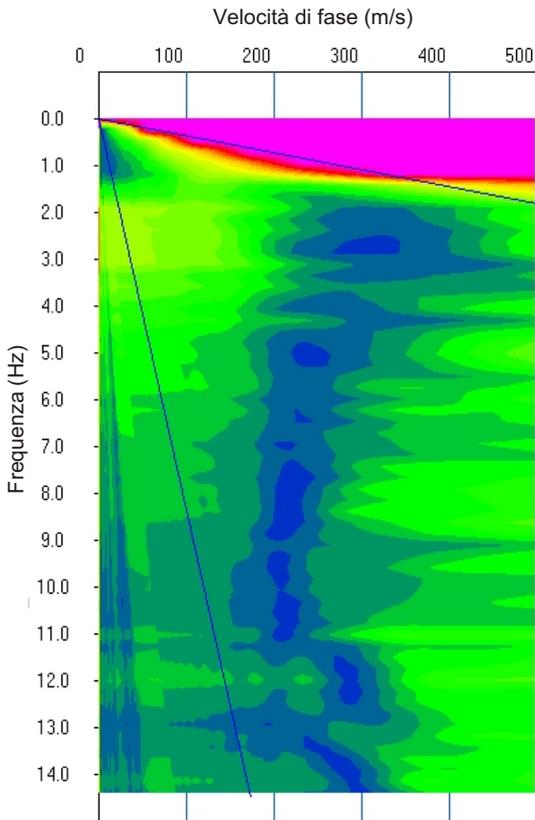
CATEGORIA
SOTTOSUOLO = C

Figura 4a

PROFILO N° 3

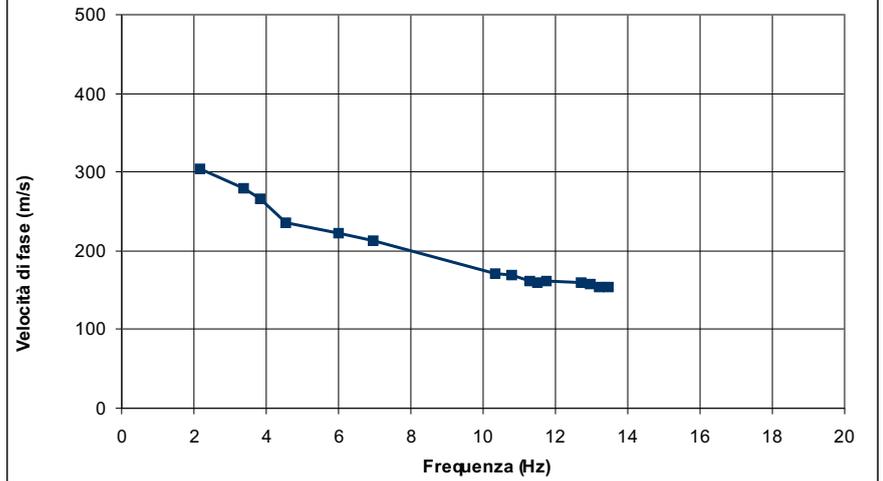
TECNICA PASSIVA (MICROTREMORI)

Analisi spettrale

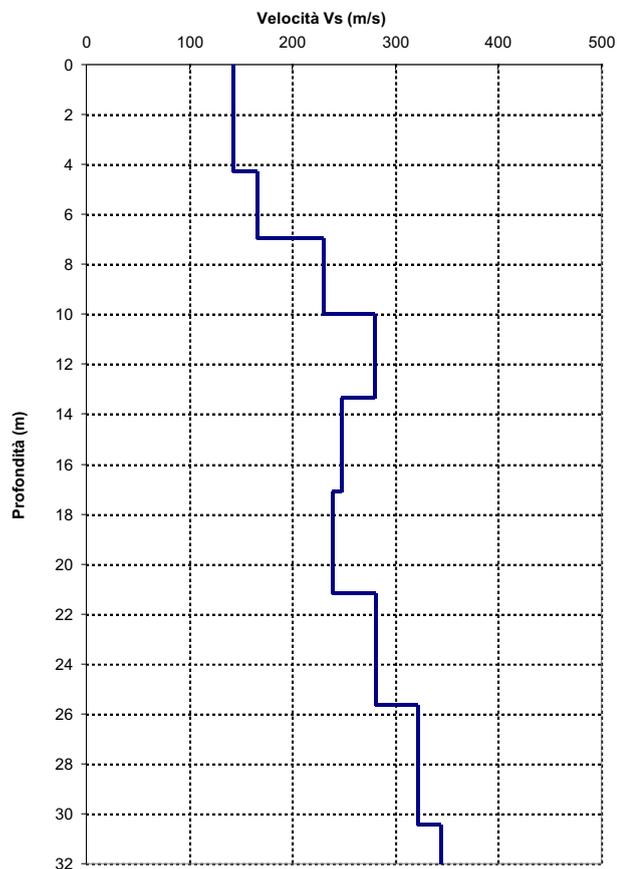


Località : Via Parolina - Vicenza
Data esecuzione : 19.12.2011

Curva di dispersione



Modello velocità onde di taglio (Vs)



$V_{s30} = 225 \text{ m/s}$

**CATEGORIA
SOTTOSUOLO = C**

Figura 4b

3. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La prospezione geofisica eseguita nel lotto di terreno situato in Via Parolina, in Comune di Vicenza, ove si prevede la costruzione di un fabbricati ad uso residenziale, ha consentito di ricostruire l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (V_s) nel sottosuolo.

L'indagine sismica è stata effettuata analizzando le modalità di propagazione delle onde di superficie con le tecniche "MASW" attiva e passiva (microtremori); come è noto, la velocità delle onde di superficie è simile a quella delle onde di taglio. Dai diagrammi allegati, si deduce che i risultati conseguiti con la tecnica attiva sono in buon accordo con quelli ricavati con la tecnica passiva; è da rilevare la maggiore profondità di indagine raggiunta con le misure passive, rispetto quelle con tecnica MASW, fenomeno riscontrato soprattutto nei Profili N° 1 e 2.

I valori della velocità riportati nei diagrammi di V_s evidenziano un assetto del sottosuolo simile in corrispondenza dei tre profili sismici. In sintesi, si possono riconoscere i seguenti livelli principali:

- tra il piano campagna e profondità di circa 5 - 6 m dal p.c., la V_s si mantiene su valori inferiori a 180 m/s, attribuibili a terreni poco consistenti;
- segue un livello con spessore compreso tra 5 e 10 m, caratterizzato da $220 < V_s < 280$ m/s, valori indicativi di un leggero miglioramento delle caratteristiche dei terreni;
- sotto questo livello, si riscontra una debole diminuzione della velocità ($190 < V_s < 240$ m/s), correlabile ad un relativo peggioramento delle proprietà geotecniche dei terreni;
- i sismostrati più profondi possiedono velocità comprese tra 260 e 320 m/s, indicando un maggiore addensamento/consistenza dei terreni presenti.

L'elaborazione delle velocità intervallari ha consentito di ricavare i seguenti valori di V_{s30} :

	V_{s30} (m/s)
Profilo N° 1 attivo	-
Profilo N° 1 passivo	216
Profilo N° 2 attivo	-
Profilo N° 2 passivo	232
Profilo N° 3 attivo	213
Profilo N° 3 passivo	225

Come stabilito dalla normativa vigente, tali risultati portano a classificare **il sottosuolo dell'area di indagine nella categoria C.**

Albignasego, dicembre 2011

Dr. Francesco Marinoni
* ORDINE DEI GEOLOGI *
FRANCESCO MARINONI
N° 2377
* REGIONE DEL VENETO *

