



**Studio Servizi Tecnici**  
Settore geologia e ambiente

**DOTT. GEOL. THOMAS VERONESE**

Via Roma, 10

44021 CODIGORO (Ferrara)

Tel e fax. 0533 / 713798 cell. 335-5240380

E-mail: thomas.veronese@tin.it

---

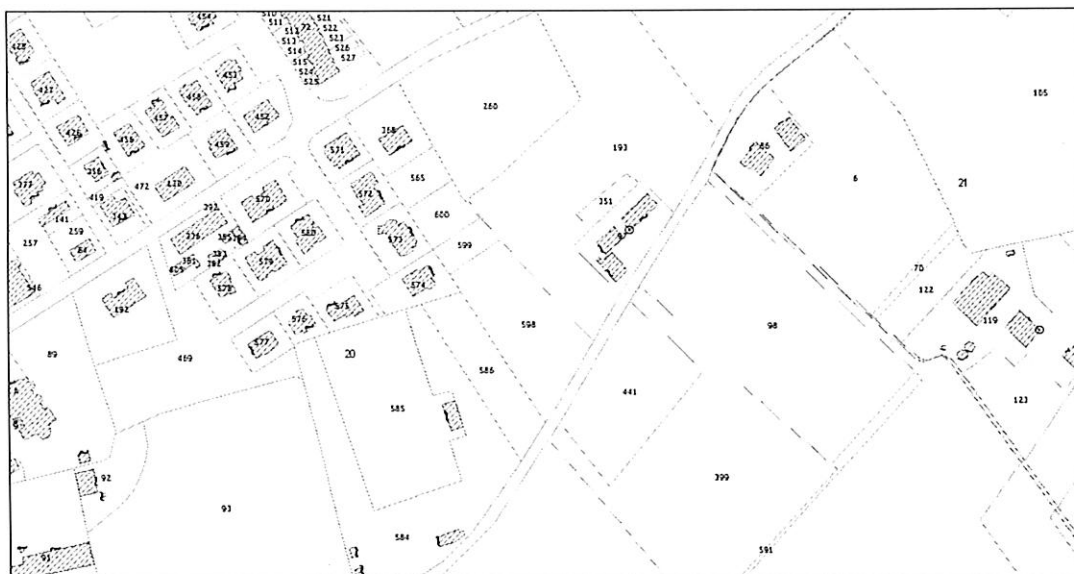
---

*INTEGRAZIONE SISMICA PARTE A*

---

**COMUNE DI VOGHIERA**  
Provincia di Ferrara

Integrazione degli aspetti sismici alla relazione geologica già esistente per il progetto di realizzazione nuovi fabbricati ad uso civile abitazione, in via Dante Alighieri a Voghenza (Fe); riferimenti catastali foglio 20 mappale 598 comune di Voghiera (Fe).



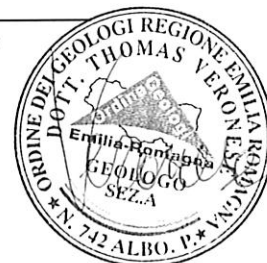
Committente: Alpa Costruzioni S.r.l.  
Sede in: corso Porta Reno n. 103/2  
44121 Ferrara

13 gennaio 2011

Studio S.S.T. – Settore Geologia e Ambiente

Timbro

Geotecnica; Studio terreni di fondazione; Stabilità dei versanti; Rilevamento geologico; Rilievi topografici; Geofisica - Contributi allo Studio di Impatto Ambientale; Assistenza alle pubbliche amministrazioni negli studi di fattibilità e di realizzazione dei P.R.G., cimiteri, discariche, piani attività estrattive, studi di acquiferi per la tutela e per l'utilizzo di risorse idriche sotterranee; subirrigazioni.



INDICE:

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>NORMATIVA E RACCOMANDAZIONI DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>3</b>
<b>2. DEFINIZIONE DEI PARAMETRI SISMICI .....</b>	<b>4</b>
2.1 DATI DI AUSILIO PER LA PROGETTAZIONE SISMICA.....	4
<i>Categoria di suolo di fondazione.....</i>	<i>4</i>
<i>Secondo "Atto di indirizzo, n°112 del 2 maggio 2007".....</i>	<i>9</i>
<i>Magnitudo di progetto.....</i>	<i>10</i>
2.2. VERIFICA DELLA RESISTENZA ALLA LIQUEFAZIONE DELLE SABBIE .....	10
2.3. CALCOLO CEDIMENTI POSTSISMICI TERRENI GRANULARI .....	11
2.4 CALCOLO CEDIMENTI POSTSISMICI TERRENI COESIVI .....	11
<b>3. CONCLUSIONI.....</b>	<b>13</b>



## 1. PREMESSA

Su incarico della soc. Alpa Costruzioni s.r.l., con sede in corso Porta Reno n. 103/2 a Ferrara, si redige una relazione di integrazione per gli aspetti sismici denominata Integrazione Sismica Parte A, la quale va ad integrare la relazione geologica già esistente.

La relazione geologica era stata redatta dallo scrivente nell'anno 2002 e aveva come oggetto: Realizzazione del Piano Particolareggiato di iniziativa privata, in via Dante Alighieri a Voghenza (Fe); riferimenti catastali foglio 20 mappali 193, 260, 586, 598, 599 comune di Voghiera (Fe).

In FIGURA 1.1 si riporta uno stralcio della C.T.R. con l'ubicazione dell'area di intervento.

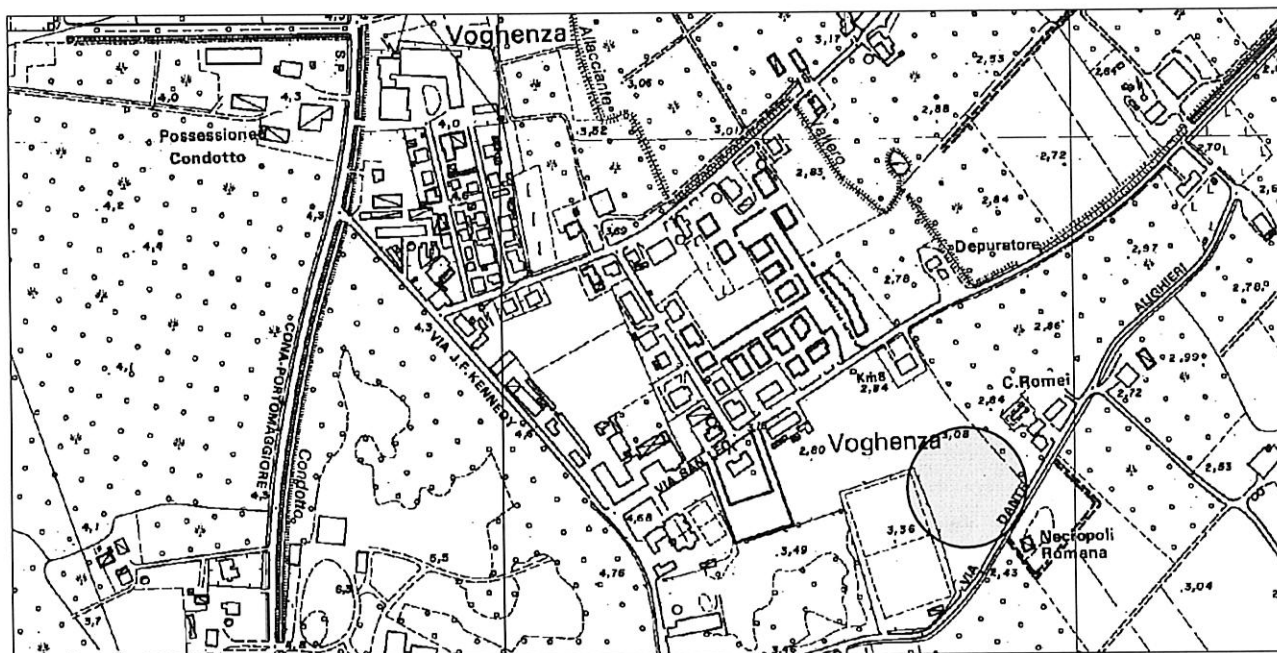


FIGURA 1.1 – Stralcio della CTR della provincia di Ferrara con ubicata l'area d'intervento.

### Normativa e Raccomandazioni di riferimento

- Decreto del Ministero delle Infrastrutture 14 gennaio 2008 “Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni”, pubblicato sulla G.U. n. 29 del 4 febbraio 2008, suppl. ord. n. 30, che entrano in vigore il 6 marzo 2008.
- Circolare Applicativa n° 617 del 02/02/2009 alle NTC/2008.
- Delibera Assemblea Legislativa n°112/2007 della Regione Emilia Romagna “Atto di Indirizzo e coordinamento tecnico” per gli studi di microzonizzazione sismica.
- A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana)  
“Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche (giugno 1977).
- A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana)  
“Raccomandazioni sui pali di fondazione (dicembre 1984)”.- A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana)  
“Aspetti geotecnici nella progettazione in zona sismica (Edizione Provvisoria, marzo 2005)”.- C.N.R. UNI Ente Nazionale Italiano di Unificazione.  
Eurocode EC-7: Geotechnics, design – dicembre 1987.
- C.N.R. UNI Ente Nazionale Italiano di Unificazione.  
Eurocode EC-8: Design provisions for earthquake resistance of structures – ottobre 1994.

## 2. DEFINIZIONE DEI PARAMETRI SISMICI

### 2.1 DATI DI AUSILIO PER LA PROGETTAZIONE SISMICA

“La Regione Emilia Romagna non è esente da attività sismo-tettonica.

La sua sismicità può però essere definita media relativamente alla sismicità nazionale, poiché i terremoti storici hanno avuto magnitudo massima compresa tra 5,5 e 6 della scala Richter e intensità del IX-X grado della scala MCS. I maggiori terremoti (Magnitudo > 5,5) si sono verificati nel settore sud-orientale, in particolare nell'Appennino Romagnolo e lungo la costa riminese. Altri settori interessati da sismicità frequente ma **generalmente di minore energia (Magnitudo < 5,5)** sono il margine appenninico-padano tra la Val d'Arda e Bologna, l'arco della dorsale ferrarese e il crinale appenninico” (Note illustrative, Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna, 2004).

#### Categoria di suolo di fondazione

La categoria di suolo dipende dal valore di  $V_{s30}$ . Il parametro  $V_{s30}$  rappresenta la media ponderata dei valori delle velocità dell'onda di taglio “S” nei primi 30 m di sottosuolo indagato, matematicamente espressa da (eq. 1):

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{v_i}}$$

dove,

$V_{s30}$  : velocità media ponderata delle onde di taglio “S”,

$h_i$  : spessore dello strato  $i$ -esimo,

$v_i$  : velocità delle onde di taglio “S” nello strato  $i$ -esimo.

Per il calcolo della categoria di suolo lo scrivente ha effettuato una prova penetrometrica statica, spinta fino alla profondità di -30,00 m da p.c. in data 12 gennaio 2011, denominata CPT1 rifer 02-11.

Il valore di  $V_{s30}$  viene di seguito calcolato attraverso una correlazione con la prova penetrometrica CPT1 con rif. 02-11, che raggiunge la profondità di -30,00 m da p.c.. *Si ricorda che la  $V_{s30}$  va calcolata dal piano di posa della fondazione.*

In FIGURA 2.1 è riportato uno stralcio della CTR della provincia di Ferrara con l'ubicazione della prova CPT1 con rif. 02-11.



Località: \_\_\_ Voghenza

CPT di riferimento 02-11

Data esecuzione CPT: \_\_\_\_\_ #####

profondità prov. 30m

Falda: 1,6 m

periodo fondamentale T1 = 0,65 sec

media pesata delle velocità delle onde di taglio

Dobry et al. 1976 modificato in Linee Guida AGI 2005  
 periodo fondamentale T1 = 0,68 sec

$$T1 = \frac{4H}{\left( \sum_{i=1}^n V_{si} \cdot Hi \right) / H}$$

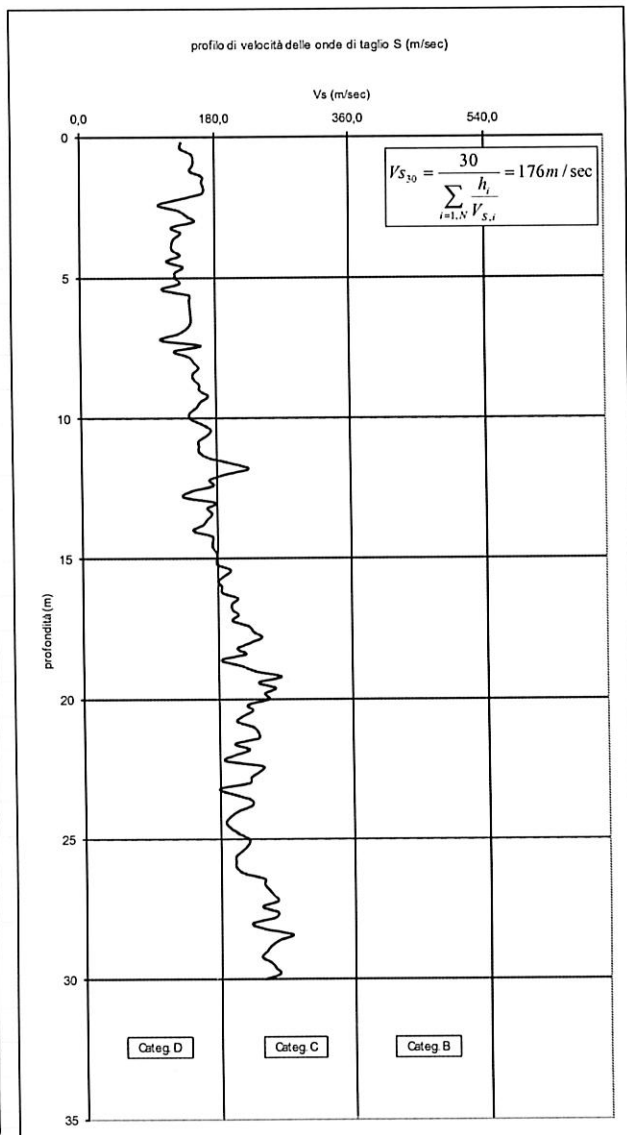
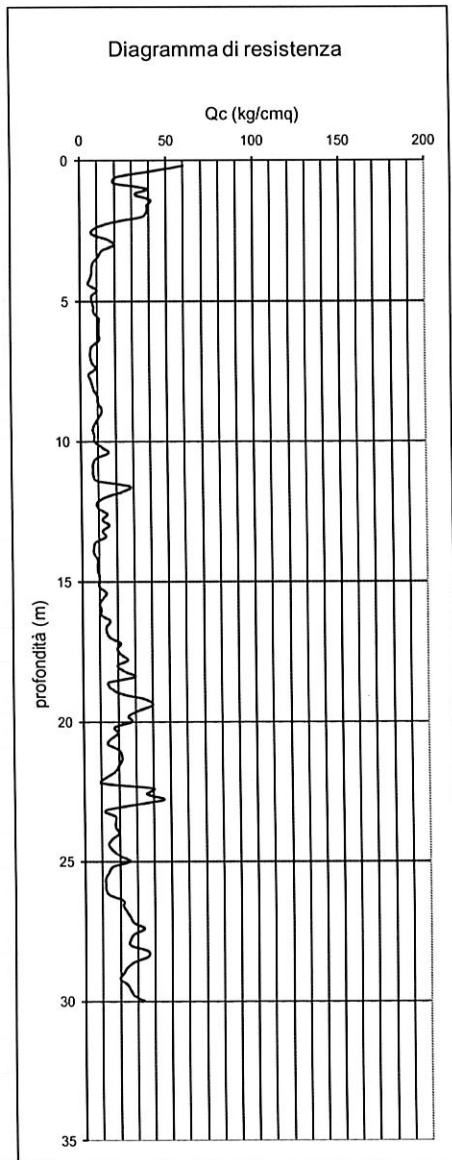
ANDRUS V<sub>S30</sub>  
 175,94 m/sec

$$T1 = \frac{\sum_{i=1}^n 4 \cdot Hi}{V_{si}}$$

Summa dei periodi naturali di ciascuno strato

prf.	RP	RP/RL	Z1	Z2	ΔH	mezzo strat	litologia	qc(kg/cm2)	σ'v(kg/cm2)	A	α	VS30 normalizzata		ΔH/Vs1	σv(kg/cm2)	σ'v(kg/cm2)	H1*Vs1
												Vs1	Vs1				
0,2	60	35	0	0,2	0,2	0,1	UMO	60	0,037	77,83	0,24	308,8	135,4	0,0	0,037	-0,0735	27,1
0,4	40	32	0,2	0,4	0,2	0,3	UMO	40	0,074	77,83	0,24	257,8	134,5	0,0	0,074	-0,0195	26,9
0,6	21	14	0,4	0,6	0,2	0,5	ARGILLA	21	0,111	80,64	0,28	267,3	148,5	0,0	0,111	0,0345	29,7
0,8	20	14	0,6	0,8	0,2	0,7	ARGILLA	20	0,148	80,64	0,28	243,8	151,2	0,0	0,148	0,0885	30,2
1	39	23	0,8	1	0,2	0,9	UMO	39	0,185	77,83	0,24	229,6	150,6	0,0	0,185	0,1425	30,1
1,2	32	26	1	1,2	0,2	1,1	UMO	32	0,222	77,83	0,24	214,2	147,0	0,0	0,222	0,1965	29,4
1,4	41	44	1,2	1,4	0,2	1,3	SABBA	41	0,259	53,64	0,33	228,3	162,9	0,0	0,259	0,2505	32,6
1,6	39	196	1,4	1,6	0,2	1,5	SABBA	39	0,296	53,64	0,33	219,7	162,0	0,0	0,296	0,3045	32,4
1,8	39	73	1,6	1,8	0,2	1,7	SABBA	39	0,3585	53,64	0,33	212,8	164,7	0,0	0,333	0,3585	32,9
2	36	60	1,8	2	0,2	1,9	SABBA	36	0,4125	53,64	0,33	202,5	162,3	0,0	0,37	0,4125	32,5
2,2	19	41	2	2,2	0,2	2,1	SABBA	19	0,4665	53,64	0,33	160,7	132,8	0,0	0,407	0,4665	26,6
2,4	9	45	2,2	2,4	0,2	2,3	SABBA	9	0,5205	53,64	0,33	123,4	104,6	0,0	0,444	0,5205	21,0
2,6	7	18	2,4	2,6	0,2	2,5	ARGILLA	7	0,5745	80,64	0,28	150,3	130,8	0,0	0,481	0,5745	26,2
2,8	16	30	2,6	2,8	0,2	2,7	UMO	16	0,6285	77,83	0,24	160,1	142,5	0,0	0,518	0,6285	28,5
3	20	27	2,8	3	0,2	2,9	UMO	20	0,6825	77,83	0,24	167,2	152,0	0,0	0,555	0,6825	30,4
3,2	13	49	3	3,2	0,2	3,1	SABBA	13	0,7365	53,64	0,33	131,5	121,8	0,0	0,592	0,7365	24,4
3,4	11	33	3,2	3,4	0,2	3,3	UMO	11	0,7905	77,83	0,24	142,3	124,2	0,0	0,629	0,7905	26,8
3,6	8	30	3,4	3,6	0,2	3,5	UMO	8	0,8445	77,83	0,24	131,3	125,4	0,0	0,666	0,8445	25,1
3,8	36	3	3,6	3,8	0,2	3,7	UMO	7	0,8985	77,83	0,24	125,8	122,4	0,0	0,703	0,8985	24,5
4	7	35	3,8	4	0,2	3,9	UMO	7	0,9525	77,83	0,24	124,9	123,4	0,0	0,74	0,9525	24,7
4,2	8	18	4	4,2	0,2	4,1	ARGILLA	6	1,0065	80,64	0,28	133,1	133,3	0,0	0,777	1,0065	26,7
4,4	5	37	4,2	4,4	0,2	4,3	UMO	5	1,0605	77,83	0,24	113,7	115,4	0,0	0,814	1,0605	23,1
4,6	10	37	4,4	4,6	0,2	4,5	UMO	10	1,1145	77,83	0,24	133,5	137,2	0,0	0,851	1,1145	27,4
4,8	7	26	4,6	4,8	0,2	4,7	UMO	7	1,1685	77,83	0,24	121,9	126,7	0,0	0,888	1,1685	25,3
5	7	35	4,8	5	0,2	4,9	UMO	7	1,2225	77,83	0,24	121,2	127,4	0,0	0,925	1,2225	25,5
5,2	8	30	5	5,2	0,2	5,1	UMO	8	1,2765	77,83	0,24	124,5	132,3	0,0	0,962	1,2765	26,5
5,4	8	40	5,2	5,4	0,2	5,3	SABBA	8	1,3305	53,64	0,33	101,6	109,2	0,0	0,999	1,3305	21,8
5,6	11	33	5,4	5,6	0,2	5,5	UMO	11	1,3845	77,83	0,24	133,1	144,4	0,0	1,036	1,3845	28,9
5,8	11	24	5,6	5,8	0,2	5,7	UMO	11	1,4385	77,83	0,24	132,5	145,1	0,0	1,073	1,4385	29,0
6	11	28	5,8	6	0,2	5,9	UMO	11	1,4925	77,83	0,24	131,9	145,8	0,0	1,11	1,4925	29,2
6,2	11	24	6	6,2	0,2	6,1	UMO	11	1,5465	77,83	0,24	131,3	146,5	0,0	1,147	1,5465	29,3
6,4	11	33	6,2	6,4	0,2	6,3	UMO	11	1,6005	77,83	0,24	130,8	147,1	0,0	1,184	1,6005	29,4
6,6	7	18	6,4	6,6	0,2	6,5	ARGILLA	7	1,6545	80,64	0,28	129,6	147,0	0,0	1,221	1,6545	29,4
6,8	6	11	6,6	6,8	0,2	6,7	ARGILLA	6	1,7085	80,64	0,28	123,6	141,3	0,0	1,258	1,7085	28,3
7	6	30	6,8	7	0,2	6,9	UMO	6	1,7625	77,83	0,24	111,8	128,8	0,0	1,295	1,7625	25,8
7,2	7	52	7	7,2	0,2	7,1	SABBA	7	1,8165	53,64	0,33	92,4	107,3	0,0	1,332	1,8165	21,5
7,4	9	19	7,2	7,4	0,2	7,3	ARGILLA	9	1,8705	80,64	0,28	136,7	159,8	0,0	1,369	1,8705	32,0
7,6	5	25	7,4	7,6	0,2	7,5	UMO	5	1,9245	77,83	0,24	105,9	124,7	0,0	1,406	1,9245	24,9
7,8	6	18	7,6	7,8	0,2	7,7	ARGILLA	6	1,9785	80,64	0,28	121,0	143,6	0,0	1,443	1,9785	28,7
8	7	18	7,8	8	0,2	7,9	ARGILLA	7	2,0325	80,64	0,28	125,9	150,3	0,0	1,48	2,0325	30,1
8,2	8	17	8	8,2	0,2	8,1	ARGILLA	8	2,0865	80,64	0,28	130,2	156,5	0,0	1,517	2,0865	31,3
8,4	10	25	8,2	8,4	0,2	8,3	UMO	10	2,1405	77,83	0,24	123,4	149,8	0,0	1,554	2,1405	29,9
8,6	10	37	8,4	8,6	0,2	8,5	UMO	10	2,1945	77,83	0,24	123,1	149,8	0,0	1,591	2,1945	30,0
8,8	12	22	8,6	8,8	0,2	8,7	UMO	12	2,2485	77,83	0,24	128,2	157,0	0,0	1,628	2,2485	31,4
9	20	9	8,8	9	0,2	8,9	UMO	12	2,3025	77,83	0,24	127,8	157,5	0,0	1,665	2,3025	31,5
9,2	19	9	9,2	9,2	0,2	9,1	ARGILLA	10	2,3565	80,64	0,28	136,3	168,8	0,0	1,702	2,3565	33,8
9,4	8	17	9,2	9,4	0,2	9,3	ARGILLA	8	2,4105	80,64	0,28	127,6	159,0	0,0	1,739	2,4105	31,8
9,6	7	18	9,4	9,6	0,2	9,5	ARGILLA	7	2,4645	80,64	0,28	122,6	153,6	0,0	1,776	2,4645	30,7
9,8	8	20	9,6	9,8	0,2	9,7	UMO	8	2,5185	77,83	0,24	114,7	144,6	0,0	1,813	2,5185	28,9
10	8	30	9,8	10	0,2	9,9	UMO	8	2,5725	77,83	0,24	114,5	145,0	0,0	1,85	2,5725	29,0
10,2	12	30	10	10,2	0,2	10,1	UMO	12	2,6265	77,83	0,24	125,8	160,2	0,0	1,887	2,6265	32,0
10,4	16	22	10,2	10,4	0,2	10,3	UMO	16	2,6805	77,83	0,24	134,5	172,1	0,0	1,924	2,6805	34,4
10,6	9	15	10,4	10,6	0,2	10,5	ARGILLA	9	2,7345	80,64	0,28	129,6	166,6	0,0	1,961	2,7345	33,3
10,8	7	12	10,6	10,8	0,2	10,7	ARGILLA	7	2,7885	80,64	0,28	120,5	155,7	0,0	1,998	2,7885	31,1
11	7	12	10,8	11	0,2	10,9	ARGILLA	7	2,8425	80,64	0,28	120,1	155,0	0,0	2,035	2,8425	31,2
11,2	7	13	11	11,2	0,2	11,1	ARGILLA	7	2,8965	80,64	0,28	119,8	154,3	0,0	2,072	2,8965	31,3
11,4	9	11	11,2	11,4	0,2	11,3	ARGILLA	9	2,9505	80,64	0,28	128,2	168,0	0,0	2,109	2,9505	32,6
11,6	28	21	11,4	11,6	0,2	11,5	UMO	28	3,0045	77,83	0,24	151,8	199,8	0,0	2,146	3,0045	40,0
11,8	24	16	11,6	11,8	0,2	11,7	ARGILLA	24	3,0585	80,64	0,28	167,9	222,0	0,0	2,183	3,0585	44,4
12	14	19	11,8	12	0,2	11,9	ARGILLA	14	3,1125	80,64	0,28	144,0	191,3	0,0	2,22	3,1125	38,3
12,2	9	17	12	12,2	0,2	12,1	ARGILLA	9	3,1665	80,64	0,28	127,0	169,4	0,0	2,257	3,1665	33,9
12,4	10	9	12,2	12,4	0,2	12,3	ARGILLA	10	3,2205	80,64	0,28	130,4	174,8	0,0	2,294	3,2205	35,0
12,6	15	112	12,4	12,6	0,2	12,5	SABBA	15	3,2745	53,64	0,33	107,8	145,0	0,0	2,331	3,2745	29,0
12,8	12	45	12,6	12,8	0,2	12,7	SABBA	12	3,3285	53,64	0,33	99,9	134,9	0,0	2,368	3,3285	27,0
13	16	30	12,8	13	0,2	12,9	UMO	16	3,3825	77,83	0,24	130,8	177,4	0,0	2,405	3,3825	35,5
13,2	12	20	13	13,2	0,2	13,1	UMO	12	3,4365	77,83	0,24	121,8	166,9	0,0	2,442	3,4365	33,2
13,4	14	26	13,2	13,4	0,2	13,3	UMO	14	3,4905	77,83	0,24	126,2	172,5	0,0	2,479	3,4905	34,5
13,6	18	17	13,4	13,6	0,2	13,5	ARGILLA	18	3,5445	80,64	0,28	120,9	165,9	0,0	2,516	3,5445	33,2
13,8	7	15	13,6	13,8	0,2	13,7	ARGILLA	7	3,5985	80,64	0,28	116,2	161,0	0,0	2,553	3,5985	32,0
14	21	13,8	14	14	0,2	13,9	UMO	9	3,6525	77,83	0,24	106,3	146,9	0,0	2,59	3,6525	29,4
14,2	9	15	14	14,2	0,2	14,1	ARGILLA	9	3,7065	80,64	0,28	124,2	172,3	0,0	2,627	3,7065	34,5
14,4	9	19	14,2														

23,2	12	22	23	23,2	0,2	23,1	UMO	12	6,1365	77,83	0,24	113,7	178,9	0,0	4,292	6,1365	35,8
23,4	18	23	23,2	23,4	0,2	23,3	UMO	18	6,1905	77,83	0,24	125,1	197,4	0,0	4,329	6,1905	39,5
23,6	18	15	23,4	23,6	0,2	23,5	ARGILLA	18	6,2445	80,64	0,28	140,2	221,6	0,0	4,366	6,2445	44,3
23,8	18	14	23,6	23,8	0,2	23,7	ARGILLA	18	6,2985	80,64	0,28	140,0	221,8	0,0	4,403	6,2985	44,4
24	20	21	23,8	24	0,2	23,9	UMO	20	6,3525	77,83	0,24	128,0	203,1	0,0	4,44	6,3525	40,6
24,2	16	20	24	24,2	0,2	24,1	UMO	16	6,4065	77,83	0,24	121,2	192,8	0,0	4,477	6,4065	38,6
24,4	14	21	24,2	24,4	0,2	24,3	UMO	14	6,4605	77,83	0,24	117,2	186,9	0,0	4,514	6,4605	37,4
24,6	16	24	24,4	24,6	0,2	24,5	UMO	16	6,5145	77,83	0,24	120,9	193,2	0,0	4,551	6,5145	38,6
24,8	20	37	24,6	24,8	0,2	24,7	UMO	20	6,5685	77,83	0,24	127,4	204,0	0,0	4,588	6,5685	40,8
25	26	33	24,8	25	0,2	24,9	UMO	26	6,6225	77,83	0,24	135,6	217,5	0,0	4,625	6,6225	43,5
25,2	16	17	25	25,2	0,2	25,1	ARGILLA	16	6,6765	80,64	0,28	134,4	216,0	0,0	4,662	6,6765	43,2
25,4	14	15	25,2	25,4	0,2	25,3	ARGILLA	14	6,7305	80,64	0,28	129,3	208,2	0,0	4,699	6,7305	41,6
25,6	12	15	25,4	25,6	0,2	25,5	ARGILLA	12	6,7845	80,64	0,28	123,7	199,6	0,0	4,736	6,7845	39,9
25,8	12	15	25,6	25,8	0,2	25,7	ARGILLA	12	6,8385	80,64	0,28	123,5	199,8	0,0	4,773	6,8385	40,0
26	12	13	25,8	26	0,2	25,9	ARGILLA	12	6,8925	80,64	0,28	123,4	200,0	0,0	4,81	6,8925	40,0
26,2	14	13	26	26,2	0,2	26,1	ARGILLA	14	6,9465	80,64	0,28	128,7	209,0	0,0	4,847	6,9465	41,8
26,4	22	15	26,2	26,4	0,2	26,3	ARGILLA	22	7,0005	80,64	0,28	145,9	237,4	0,0	4,884	7,0005	47,5
26,6	22	14	26,4	26,6	0,2	26,5	ARGILLA	22	7,0545	80,64	0,28	145,8	237,6	0,0	4,921	7,0545	47,5
26,8	24	14	26,6	26,8	0,2	26,7	ARGILLA	24	7,1085	80,64	0,28	149,2	243,6	0,0	4,958	7,1085	48,7
27	26	14	26,8	27	0,2	26,9	ARGILLA	26	7,1625	80,64	0,28	152,4	249,3	0,0	4,995	7,1625	49,9
27,2	18	15	27	27,2	0,2	27,1	ARGILLA	18	7,2165	80,64	0,28	155,4	254,8	0,0	5,032	7,2165	51,0
27,4	34	20	27,2	27,4	0,2	27,3	UMO	34	7,2705	77,83	0,24	143,0	234,8	0,0	5,069	7,2705	47,0
27,6	28	19	27,4	27,6	0,2	27,5	ARGILLA	28	7,3245	80,64	0,28	155,1	255,2	0,0	5,106	7,3245	51,0
27,8	26	16	27,6	27,8	0,2	27,7	ARGILLA	26	7,3785	80,64	0,28	151,8	250,2	0,0	5,143	7,3785	50,0
28	26	20	27,8	28	0,2	27,9	UMO	26	7,4325	77,83	0,24	133,7	220,8	0,0	5,18	7,4325	44,2
28,2	36	27	28	28,2	0,2	28,1	UMO	36	7,4865	77,83	0,24	144,5	239,0	0,0	5,217	7,4865	47,8
28,4	36	19	28,2	28,4	0,2	28,3	ARGILLA	36	7,5405	80,64	0,28	166,8	274,7	0,0	5,254	7,5405	54,9
28,6	28	16	28,4	28,6	0,2	28,5	ARGILLA	28	7,5945	80,64	0,28	154,3	256,2	0,0	5,291	7,5945	51,2
28,8	24	16	28,6	28,8	0,2	28,7	ARGILLA	24	7,6485	80,64	0,28	147,7	245,6	0,0	5,328	7,6485	49,1
29	22	15	28,8	29	0,2	28,9	ARGILLA	22	7,7025	80,64	0,28	144,0	239,9	0,0	5,365	7,7025	48,0
29,2	20	13	29	29,2	0,2	29,1	ARGILLA	20	7,7565	80,64	0,28	140,1	233,7	0,0	5,402	7,7565	46,7
29,4	24	15	29,2	29,4	0,2	29,3	ARGILLA	24	7,8105	80,64	0,28	147,2	246,2	0,0	5,439	7,8105	49,2
29,6	26	16	29,4	29,6	0,2	29,5	ARGILLA	26	7,8645	80,64	0,28	150,4	251,9	0,0	5,476	7,8645	50,4
29,8	28	17	29,6	29,8	0,2	29,7	ARGILLA	28	7,9185	80,64	0,28	153,4	257,4	0,0	5,513	7,9185	51,5
30	34	20	29,8	30	0,2	29,9	UMO	34	7,9725	77,83	0,24	141,4	237,6	0,0	5,55	7,9725	47,5



Il valore di Vs30 calcolato risulta: Vs30 = 176 m/s e quindi la Categoria di suolo è D.

Tale valore v'è assunto con minimo uno scarto di  $\pm 10\%$ , come per tutti i metodi di acquisizione di tale parametro.

$$\mathbf{Vs30 = 176 m/s \quad Categoria di suolo D}$$

Con il foglio di calcolo redatto dallo scrivente, è stato stimato anche il periodo fondamentale T1 del deposito stratificato orizzontalmente, utilizzando le due correlazioni proposte da Dobry et alii, 1976, modificato in Linee Guida AGI "Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica" 2005.

I due metodi utilizzano le seguenti espressioni:

media pesata delle velocità delle onde di taglio:

$$T_1 = 4H / \bar{V}_s = 0,65 \text{ sec}$$

$$\bar{V}_s = \sum_{i=1}^n V_{si} \cdot H_i / H$$

somma dei periodi naturali di ciascuno strato

$$T_1 = 2\pi / \omega_4 = 0,68 \text{ sec}$$

$$\omega_4^2 = \left( 3 \cdot \sum_{i=1}^n V_{si} \cdot H_i \right) / H^3$$



Secondo "Atto di indirizzo, n°112 del 2 maggio 2007"

La nuova classificazione sismica introdotta con l'Atto di Indirizzo e coordinamento tecnico" per la microzonizzazione sismica della regione Emilia Romagna, prevede per il comune di Voghiera la seguente accelerazione massima orizzontale di picco al suolo, cioè per T=0, espressa in frazione dell'accelerazione di gravità g ( $a_{\text{gref}}$ ):

Accelerazione PGA ( $V_{s30} < 350 \text{ m/sec}$ ) = 0,146 g suolo rigido ( $V_{s30} > 800 \text{ m/sec}$ )
--

Per valutare l'effetto di sito dell'amplificazione è necessario disporre della velocità delle onde sismiche di taglio  $V_s$  parametrizzate nei primi trenta metri di profondità del terreno che classificano il suolo.

In ambito di pianura caratterizzato da profilo stratigrafico costituito da alternanze di sabbie e peliti, con spessori anche decametrici, talora con intercalazioni di orizzonti di ghiaie (di spessore anche decine di metri), con substrato profondo ( $\geq 100 \text{ m}$  da p.c.) (**PIANURA 2**) per la determinazione del F.A. occorre utilizzare la seguente tabella.

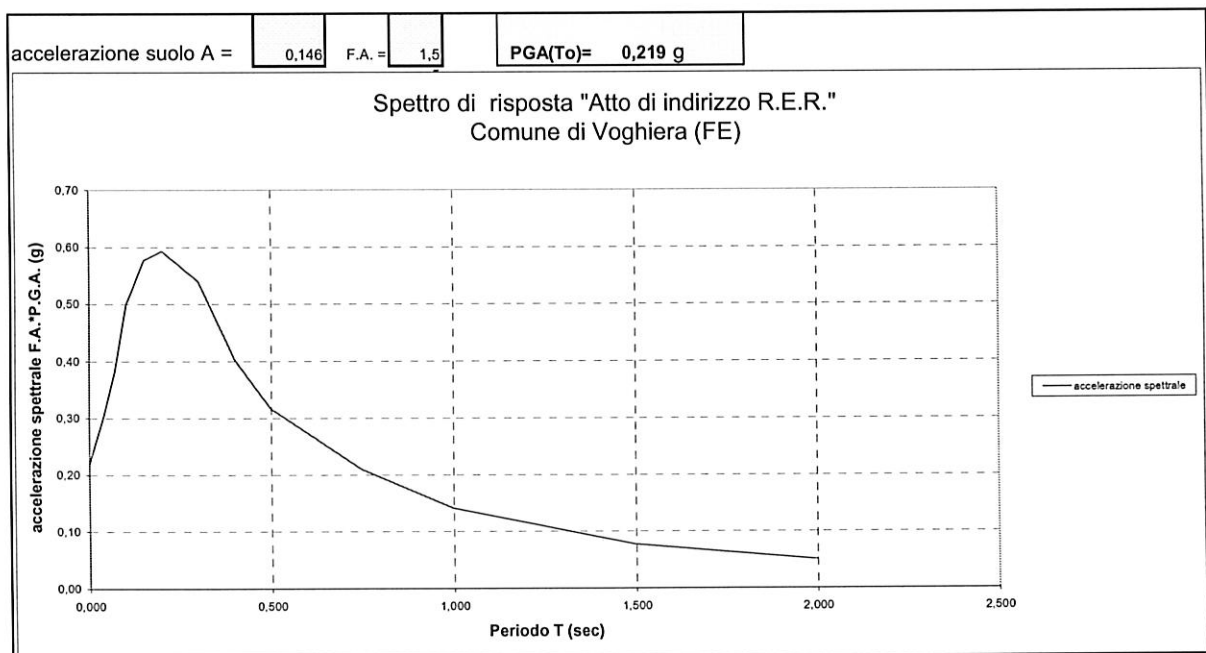
F.A. P.G.A.

$V_{s30}$	200	250	300	350	400
F.A.	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4

*Tratto da "Delibera Assemblea Legislativa n° 112/2007 della Regione Emilia Romagna "Atto di Indirizzo e coordinamento tecnico" per gli studi di microzonizzazione sismica.*

Per un valore di  $V_{s30}$  pari a 176 m/s, il fattore di amplificazione considerato è F.A.=1,5.

Lo spettro di risposta elastico caratteristico (Tempo di ritorno 475 anni, smorzamento del 5%) di questo terreno è riportato nella **FIGURA 2.2**:



**FIGURA 2.2** – Spettro di risposta per il suolo rilevato a Voghiera, comune di Voghiera (Fe).

### Magnitudo di progetto

Nella **FIGURA 2.3** sono riportati i sismi che hanno colpito la provincia di Ferrara in tempi storici relativamente recenti. La zonizzazione sismica ZS9 pone come magnitudo attesa massima nella zona sismogenetica 912 il valore di  $M = 6,14$ , i terremoti storici in questa area allo studio sono decisamente più bassi, per cui lo scrivente propone l'assunzione di questo valore, in accordo con quanto pubblicato dalla R.E.R.:

#### Magnitudo di progetto

$$M \leq 5,6 \text{ Mw}$$

Comune	Lat.	Lon.	I <sub>max</sub>	M <sub>w</sub>
ARGENTA	44.61459	11.83658	9	6,1
ARGENTA	44.61459	11.83658	9	6,1
BONDENO	44.88857	11.41666	8	5,6
CENTO	44.72685	11.28937	7	5,2
CODIGORO	44.83096	12.10568	<= 6	4,8
<b>COMACCHIO</b>	<b>44.69444</b>	<b>12.18290</b>	<b>7</b>	<b>5,2</b>
COPPARO	44.89391	11.82986	8	5,6
FERRARA	44.83559	11.61842	8	5,6
FORMIGNANA	44.84187	11.85894	8	5,6
JOLANDA DI SAVOIA	44.88518	11.97726	7	5,2
LAGOSANTO	44.76249	12.13965	7	5,2
MASI TORELLO	44.79369	11.79704	8	5,6
MASSA FISCAGLIA	44.80818	12.01334	7	5,2
MESOLA	44.92060	12.23033	<= 6	4,8
MIGLIARINO	44.77058	11.93149	8	5,6
MIRABELLO	44.82534	11.46031	8	5,6
OSTELLATO	44.74516	11.94085	8	5,6
POGGIO RENATICO	44.76571	11.48392	8	5,6
PORTOMAGGIOR	44.69759	11.80509	8	5,6
RO	44.94634	11.76146	8	5,6
SANT'AGOSTINO	44.79258	11.38519	8	5,6
VIGARANO MAINARDA	44.84191	11.49759	8	5,6
VOGHIERA	44.75737	11.75011	8	5,6
TRESIGALLO	44.81771	11.89393	8	5,6
GORO	44.85334	12.30076	<= 6	4,8
MIGLIARO	44.79835	11.97311	7	5,2
M <sub>w</sub> =0,430I <sub>max</sub> +2,182				

**FIGURA 2.3** - Sismi che hanno colpito la provincia di Ferrara in tempi storici relativamente recenti

## 2.2. VERIFICA DELLA RESISTENZA ALLA LIQUEFAZIONE DELLE SABBIE

L'obiettivo della riduzione del rischio sismico passa anche per l'analisi delle componenti territoriali che possono innescare fenomeni negativamente impattanti con le strutture antropiche e la loro sicurezza. Vale comunque la pena evidenziare che laddove sono presenti i caratteri predisponenti, non è detto che si possano realizzare le condizioni di cause scatenanti; ovvero un terreno sabbioso può avere tutti i requisiti granulometrici e di addensamento per liquefarsi, ma nell'area non si verificherà un sisma con energia sufficiente ad indurre liquefazione.

In particolare vengono ritenuti **motivi di esclusione dalla verifica a liquefazione**, la verifica di almeno una di queste circostanze:

1. Eventi sismici attesi di magnitudo di momento  $M_w$  inferiore a 6 e durata inferiore a 15 sec. ("La Liquefazione del terreno in condizioni sismiche" – Crespellani, Nardi, Simoncini – Zanichelli 1988).
2. Accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni *free-field* minori di 0,1g;
3. Accelerazioni massime al piano campagna in condizioni *free-field* minori di 0,15g e terreni con caratteristiche ricadenti in una delle tre seguenti categorie:
  - frazione di fine, FC, superiore al 20% (FC = frazione passante al setaccio ASTM 200, 0,074mm), con indice di plasticità  $PI > 10$ ;

- $FC \geq 35\%$  e resistenza  $(N_1)_{60} > 20$ ;
- $FC \leq 5\%$  e resistenza  $(N_1)_{60} > 25$

Dove  $(N_1)_{60}$  è il valore normalizzato della resistenza penetrometrica della prova SPT.

4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella FIGURA 2.4 da distinguere i materiali in funzione del coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  o  $U_c > 3,5$ .

5. Profondità media stagionale della falda superiore ai 15m dal piano campagna.

6. Copertura di strati superficiali non liquefacibili con spessore maggiore di 3m, oppure con spessore maggiore di 5m per magnitudo maggiori di  $M > 7$ .

7. Un ulteriore motivo di esclusione dalla verifica di liquefazione è dato dal valore della **densità relativa**  $D_r$  del deposito. Gibbs ha eseguito diversi studi su risultati di vari autori stabilendo che una densità relativa pari a 70% è valore limite tra terreni liquefacibili e non liquefacibili (*Manuale di geotecnica per l'ingegneria civile* di Nunziante Marino, Maggioli Editore, 2006), di conseguenza tutti i terreni con  $D_r > 70\%$  vengono automaticamente esclusi dalla verifica alla liquefazione.

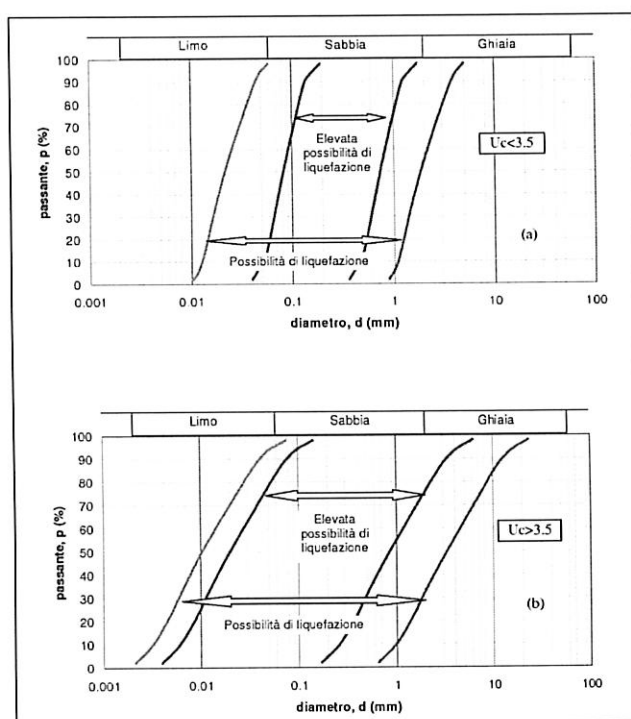


FIGURA 2.4 : Fusi granulometrici liquefacibili

La stratigrafia della prova eseguita sul lotto non rileva la presenza di sabbie immerse in falda di conseguenza questo non è un fenomeno di sito atteso.

### 2.3. CALCOLO CEDIMENTI POSTSISMICI TERRENI GRANULARI

Non sono presenti sabbie immerse in falda quindi non possono verificarsi dei cedimenti post sismici in terreni granulari ( $S = 0,00$  cm).

### 2.4 CALCOLO CEDIMENTI POSTSISMICI TERRENI COESIVI

Per l'Atto di Indirizzo nr.112/2007 ,nei depositi coesivi molto soffici ( $cu \leq 70$ kPa) e plastici ( $I_p \geq 30\%$ ) in cui

si prevede un incremento delle pressioni interstiziali  $\frac{\Delta u}{\sigma'_0} \geq 0.3$

durante il terremoto di riferimento deve essere stimato il cedimento di riconsolidazione conseguente alla dissipazione delle pressioni interstiziali accumulate durante il terremoto. Tale rapporto può essere valutato dal grafico riportato in **FIGURA 2.5** in funzione della deformazione indotta dal terremoto di progetto negli strati di terreno. Tale deformazione è valutabile utilizzando la seguente espressione:

deformazione (%) 
$$\gamma_{\max} = 0.65 \cdot a_{g,\text{rif}} \cdot S \cdot \sigma_{v0} \cdot r_d \cdot \frac{1}{G}$$
 eq. (5.1)

$a_{g,\text{rif}}$  = accelerazione di riferimento per il comune allo studio (Voghiera  $a_{g,\text{rif}} = 0,146g$ )

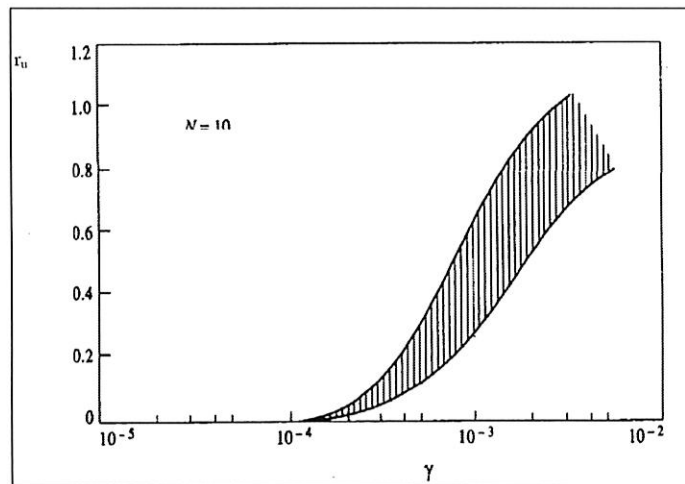
$S$  = fattore di amplificazione funzione della velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_s$  e dunque della stratigrafia dei terreni (nel caso in esame  $F.A. = 1,5$ );

$\sigma_{v0}$  = carico litostatico in termini di tensioni totali

$r_d = 1 - 0,015z$  (da Atto indirizzo, n.112/2007)

$G$  = valore ridotto di  $G_0$  funzione dell'accelerazione  $a_{\max}$ .

$G_0$  = modulo di taglio alle piccole deformazioni.



**FIGURA 2.5** - Valore del rapporto di pressione interstiziale  $r_u$  in funzione della deformazione di taglio massima indotta dal terremoto

Lo scrivente ha prelevato un campione in sito da sottoporre ad analisi di laboratorio mirate a definirne i Limiti di Atterberg per poter procedere all'analisi dei cedimenti.

Lo scrivente non è ancora in possesso dei risultati delle analisi di laboratorio pertanto non è al momento in grado di procedere con il calcolo.

I risultati del laboratorio geotecnico e le conseguenti valutazioni che riguardano i cedimenti post-sismici verranno affrontati nella relazione denominata integrazione sismica PARTE B, che andrà ad integrare e completare la presente.

### 3. CONCLUSIONI

- Questa relazione è l'integrazione degli aspetti sismici PARTE A alla relazione geologica già esistente.

La relazione geologica era stata redatta dallo scrivente nell'anno 2002 e aveva come oggetto la "Realizzazione del Piano Particolareggiato di iniziativa privata, ubicato in via Dante Alighieri a Voghenza (Fe); riferimenti catastali foglio 20 mappali 193, 260, 586, 598, 599 comune di Voghiera (Fe).

- Questa relazione è incompleta, verrà integrata con una seconda relazione denominata "relazione di integrazione sismica PARTE B", in quanto lo scrivente è in attesa dei risultati delle prove di laboratorio effettuate su un campione prelevato sul sito.

- Il valore di  $V_{s30}$  è stato calcolato attraverso una correlazione con la prova penetrometrica CPT1 con rif. 02-11, che raggiunge la profondità di -30,00 m da p.c.. *Si ricorda che la  $V_{s30}$  va calcolata dal piano di posa della fondazione. La  $V_{s30}$  risulta pari a **176 m/sec**, da cui si deduce **CATEGORIA di SUOLO D**.*

- L'accelerazione massima orizzontale di picco al suolo, cioè per  $T=0$ , espressa in frazione dell'accelerazione di gravità  $g$  ( $a_{grf}$ ): Accelerazione **PGA** ( $V_{s30}<350\text{m/sec}$ ) = **0,146 g** suolo rigido ( $V_{s30}>800\text{ m/sec}$ )

Per un valore di  $V_{s30}$  pari a 176 m/s, il fattore di amplificazione considerato è **F.A.=1,5**, da cui  $PGA (T_0) = 0,146 \times 1,5 = 0,219\text{ g}$ .

- Lo scrivente propone per il comune di Voghiera una Magnitudo di progetto .  **$M \leq 5,6\text{ Mw}$**

- La stratigrafia della prova eseguita sull'area in esame, CPT1 rifer 02-11, non rileva la presenza di sabbie immerse in falda di conseguenza questo non è un fenomeno di sito atteso.

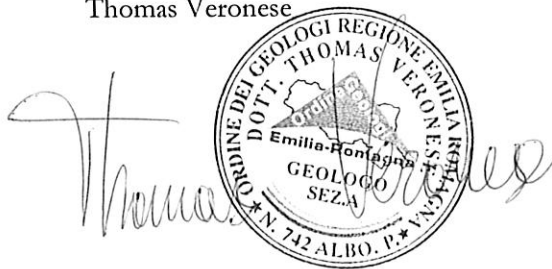
- I cedimenti post sismici in terreni coesivi si possono verificare qualora questi depositi coesivi siano molto soffici ( $cu \leq 70\text{kPa}$ ) e plastici ( $I_p \geq 30\%$ ), e nel caso in cui si preveda un incremento delle pressioni

interstiziali  $\frac{\Delta u}{\sigma'_0} \geq 0.3$ .

E' stato prelevato un campione in sito e consegnato a laboratorio geotecnico per la definizione dei limiti di Atterberg. Lo scrivente è ancora in attesa dei risultati delle analisi di laboratorio. Tali risultati e l'elaborazione dei cedimenti, come già menzionato, verranno presentata nella relazione sismica PARTE B.

Codigoro, 17/01/2011

dott. Geol.  
Thomas Veronese





**PROVA PENETROMETRICA STATICA**  
**LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA****CPT 1**

2.010496-028

- committente : ALPA Costruzioni s.r.l.  
- lavoro : Realizzazione civili abitazioni  
- località : Voghenza FE  
- note :

- data : 12/01/2010  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 1,50 m da quota inizio  
- pagina : 1

prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI	prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI
m	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	-	m	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	-
0,20	30,0	----	60,0	1,73	35,0	10,20	6,0	8,0	12,0	0,40	30,0
0,40	20,0	33,0	40,0	1,27	32,0	10,40	8,0	11,0	16,0	0,73	22,0
0,60	10,5	20,0	21,0	1,47	14,0	10,60	4,5	10,0	9,0	0,60	15,0
0,80	10,0	21,0	20,0	1,40	14,0	10,80	3,5	8,0	7,0	0,60	12,0
<b>1,00</b>	19,5	30,0	39,0	1,73	22,0	<b>11,00</b>	3,5	8,0	7,0	0,47	15,0
1,20	16,0	29,0	32,0	1,27	25,0	11,20	3,5	7,0	7,0	0,53	13,0
1,40	20,5	30,0	41,0	0,93	44,0	11,40	4,5	8,5	9,0	0,80	11,0
1,60	19,5	26,5	39,0	0,20	195,0	11,60	14,0	20,0	28,0	1,33	21,0
1,80	19,5	21,0	39,0	0,53	73,0	11,80	12,0	22,0	24,0	1,33	18,0
<b>2,00</b>	18,0	22,0	36,0	0,60	60,0	<b>12,00</b>	7,0	17,0	14,0	0,73	19,0
2,20	9,5	14,0	19,0	0,47	41,0	12,20	4,5	10,0	9,0	0,53	17,0
2,40	4,5	8,0	9,0	0,20	45,0	12,40	5,0	9,0	10,0	1,13	9,0
2,60	3,5	5,0	7,0	0,40	17,0	12,60	7,5	16,0	15,0	0,13	112,0
2,80	8,0	11,0	16,0	0,53	30,0	12,80	6,0	7,0	12,0	0,27	45,0
<b>3,00</b>	10,0	14,0	20,0	0,73	27,0	<b>13,00</b>	8,0	10,0	16,0	0,53	30,0
3,20	6,5	12,0	13,0	0,27	49,0	13,20	6,0	10,0	12,0	0,60	20,0
3,40	5,5	7,5	11,0	0,33	33,0	13,40	7,0	11,5	14,0	0,53	26,0
3,60	4,0	6,5	8,0	0,27	30,0	13,60	4,0	8,0	8,0	0,47	17,0
3,80	3,5	5,5	7,0	0,27	26,0	13,80	3,5	7,0	7,0	0,47	15,0
<b>4,00</b>	3,5	5,5	7,0	0,20	35,0	<b>14,00</b>	3,5	7,0	7,0	0,33	21,0
4,20	3,0	4,5	6,0	0,33	18,0	14,20	4,5	7,0	9,0	0,60	15,0
4,40	2,5	5,0	5,0	0,13	37,0	14,40	4,5	9,0	9,0	0,47	19,0
4,60	5,0	6,0	10,0	0,27	37,0	14,60	4,5	8,0	9,0	0,53	17,0
4,80	3,5	5,5	7,0	0,27	26,0	14,80	5,0	9,0	10,0	0,53	19,0
<b>5,00</b>	3,5	5,5	7,0	0,20	35,0	<b>15,00</b>	5,0	9,0	10,0	0,53	19,0
5,20	4,0	5,5	8,0	0,27	30,0	15,20	5,0	9,0	10,0	0,67	15,0
5,40	4,0	6,0	8,0	0,20	40,0	15,40	7,0	12,0	14,0	0,80	17,0
5,60	5,5	7,0	11,0	0,33	33,0	15,60	6,0	12,0	12,0	0,80	15,0
5,80	5,5	8,0	11,0	0,47	24,0	15,80	5,0	11,0	10,0	0,60	17,0
<b>6,00</b>	5,5	9,0	11,0	0,40	27,0	<b>16,00</b>	5,5	10,0	11,0	0,60	18,0
6,20	5,5	8,5	11,0	0,47	24,0	16,20	5,5	10,0	11,0	0,67	16,0
6,40	5,5	9,0	11,0	0,33	33,0	16,40	8,0	13,0	16,0	0,93	17,0
6,60	3,5	6,0	7,0	0,40	17,0	16,60	7,0	14,0	14,0	0,93	15,0
6,80	3,0	6,0	6,0	0,53	11,0	16,80	7,0	14,0	14,0	1,20	12,0
<b>7,00</b>	3,0	7,0	6,0	0,20	30,0	<b>17,00</b>	8,0	17,0	16,0	0,93	17,0
7,20	3,5	5,0	7,0	0,13	52,0	17,20	11,0	18,0	22,0	0,93	24,0
7,40	4,5	5,5	9,0	0,47	19,0	17,40	10,0	17,0	20,0	1,33	15,0
7,60	2,5	6,0	5,0	0,20	25,0	17,60	11,0	21,0	22,0	1,33	16,0
7,80	3,0	4,5	6,0	0,33	18,0	17,80	13,0	23,0	26,0	1,60	16,0
<b>8,00</b>	3,5	6,0	7,0	0,40	17,0	<b>18,00</b>	10,0	22,0	20,0	1,47	14,0
8,20	4,0	7,0	8,0	0,47	17,0	18,20	12,0	23,0	24,0	1,07	22,0
8,40	5,0	8,5	10,0	0,40	25,0	18,40	15,0	23,0	30,0	1,13	26,0
8,60	5,0	8,0	10,0	0,27	37,0	18,60	7,5	16,0	15,0	0,67	22,0
8,80	6,0	8,0	12,0	0,53	22,0	18,80	8,0	13,0	16,0	0,93	17,0
<b>9,00</b>	6,0	10,0	12,0	0,60	20,0	<b>19,00</b>	11,0	18,0	22,0	1,20	18,0
9,20	5,0	9,5	10,0	0,53	19,0	19,20	18,0	27,0	36,0	2,00	18,0
9,40	4,0	8,0	8,0	0,47	17,0	19,40	20,0	35,0	40,0	1,87	21,0
9,60	3,5	7,0	7,0	0,40	17,0	19,60	16,0	30,0	32,0	1,73	18,0
9,80	4,0	7,0	8,0	0,40	20,0	19,80	13,0	26,0	26,0	1,60	16,0
<b>10,00</b>	4,0	7,0	8,0	0,27	30,0	<b>20,00</b>	14,0	26,0	28,0	1,47	19,0

- PENETROMETRO STATICO tipo GOUDA da 12 t - (con anello allargatore) -  
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 20 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s  
- punta meccanica tipo Begemann  $\phi = 35.7$  mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)  
- manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)

**PROVA PENETROMETRICA STATICA  
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA****CPT 1**

2.010496-028

- committente : ALPA Costruzioni s.r.l.  
- lavoro : Realizzazione civili abitazioni  
- località : Voghenza FE  
- note :

- data : 12/01/2010  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 1,50 m da quota inizio  
- pagina : 2

prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI	prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI
m	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	-	m	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	-
20,20	9,0	20,0	18,0	0,93	19,0	25,20	8,0	14,0	16,0	0,93	17,0
20,40	10,0	17,0	20,0	1,07	19,0	25,40	7,0	14,0	14,0	0,93	15,0
20,60	8,0	16,0	16,0	1,07	15,0	25,60	6,0	13,0	12,0	0,80	15,0
20,80	7,0	15,0	14,0	1,33	10,0	25,80	6,0	12,0	12,0	0,80	15,0
<b>21,00</b>	10,0	20,0	20,0	1,07	19,0	<b>26,00</b>	6,0	12,0	12,0	0,93	13,0
21,20	11,0	19,0	22,0	1,33	16,0	26,20	7,0	14,0	14,0	1,07	13,0
21,40	11,0	21,0	22,0	1,20	18,0	26,40	11,0	19,0	22,0	1,47	15,0
21,60	10,0	19,0	20,0	0,93	21,0	26,60	11,0	22,0	22,0	1,60	14,0
21,80	9,0	16,0	18,0	1,00	18,0	26,80	12,0	24,0	24,0	1,73	14,0
<b>22,00</b>	6,5	14,0	13,0	0,80	16,0	<b>27,00</b>	13,0	26,0	26,0	1,87	14,0
22,20	5,0	11,0	10,0	1,47	7,0	27,20	14,0	28,0	28,0	1,87	15,0
22,40	20,0	31,0	40,0	1,07	37,0	27,40	17,0	31,0	34,0	1,73	20,0
22,60	18,0	26,0	36,0	1,20	30,0	27,60	14,0	27,0	28,0	1,47	19,0
22,80	23,0	32,0	46,0	0,13	345,0	27,80	13,0	24,0	26,0	1,60	16,0
<b>23,00</b>	14,0	15,0	28,0	1,20	23,0	<b>28,00</b>	13,0	25,0	26,0	1,33	19,0
23,20	6,0	15,0	12,0	0,53	22,0	28,20	18,0	28,0	36,0	1,33	27,0
23,40	9,0	13,0	18,0	0,80	22,0	28,40	18,0	28,0	36,0	1,87	19,0
23,60	9,0	15,0	18,0	1,20	15,0	28,60	14,0	28,0	28,0	1,73	16,0
23,80	9,0	18,0	18,0	1,33	13,0	28,80	12,0	25,0	24,0	1,47	16,0
<b>24,00</b>	10,0	20,0	20,0	0,93	21,0	<b>29,00</b>	11,0	22,0	22,0	1,47	15,0
24,20	8,0	15,0	16,0	0,80	20,0	29,20	10,0	21,0	20,0	1,60	12,0
24,40	7,0	13,0	14,0	0,67	21,0	29,40	12,0	24,0	24,0	1,60	15,0
24,60	8,0	13,0	16,0	0,67	24,0	29,60	13,0	25,0	26,0	1,60	16,0
24,80	10,0	15,0	20,0	0,53	37,0	29,80	14,0	26,0	28,0	----	----

- PENETROMETRO STATICO tipo GOUDA da 12 t - (con anello allargatore) -  
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 20 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s  
- punta meccanica tipo Begemann  $\varnothing = 35.7$  mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)  
- manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)



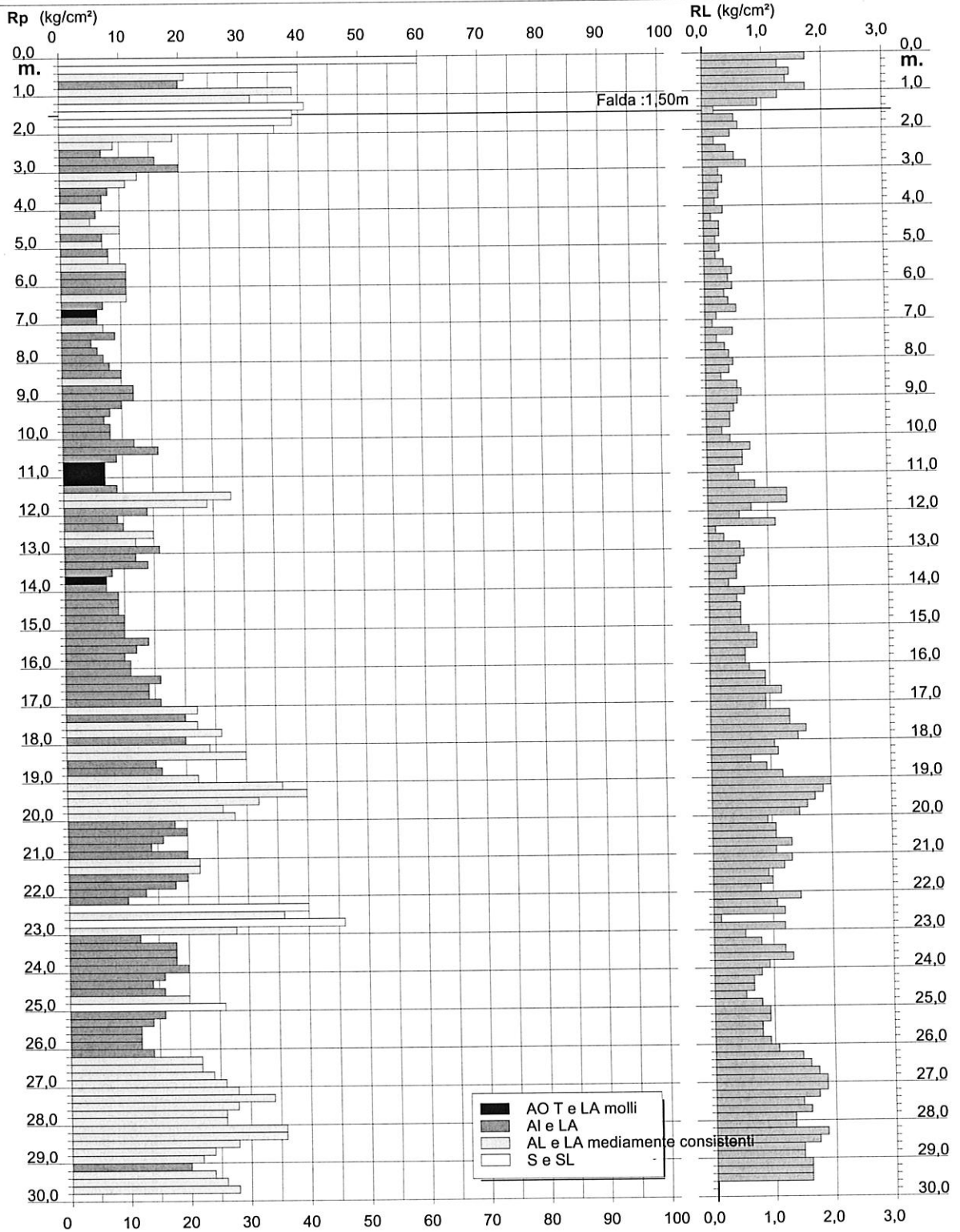
**PROVA PENETROMETRICA STATICA  
 DIAGRAMMA DI RESISTENZA**

**CPT 1**

2.010496-028

- committente : ALPA Costruzioni s.r.l.  
 - lavoro : Realizzazione civili abitazioni  
 - località : Voghenza FE

- data : 12/01/2010  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 1,50 m da quota inizio  
 - scala vert.: 1 : 150



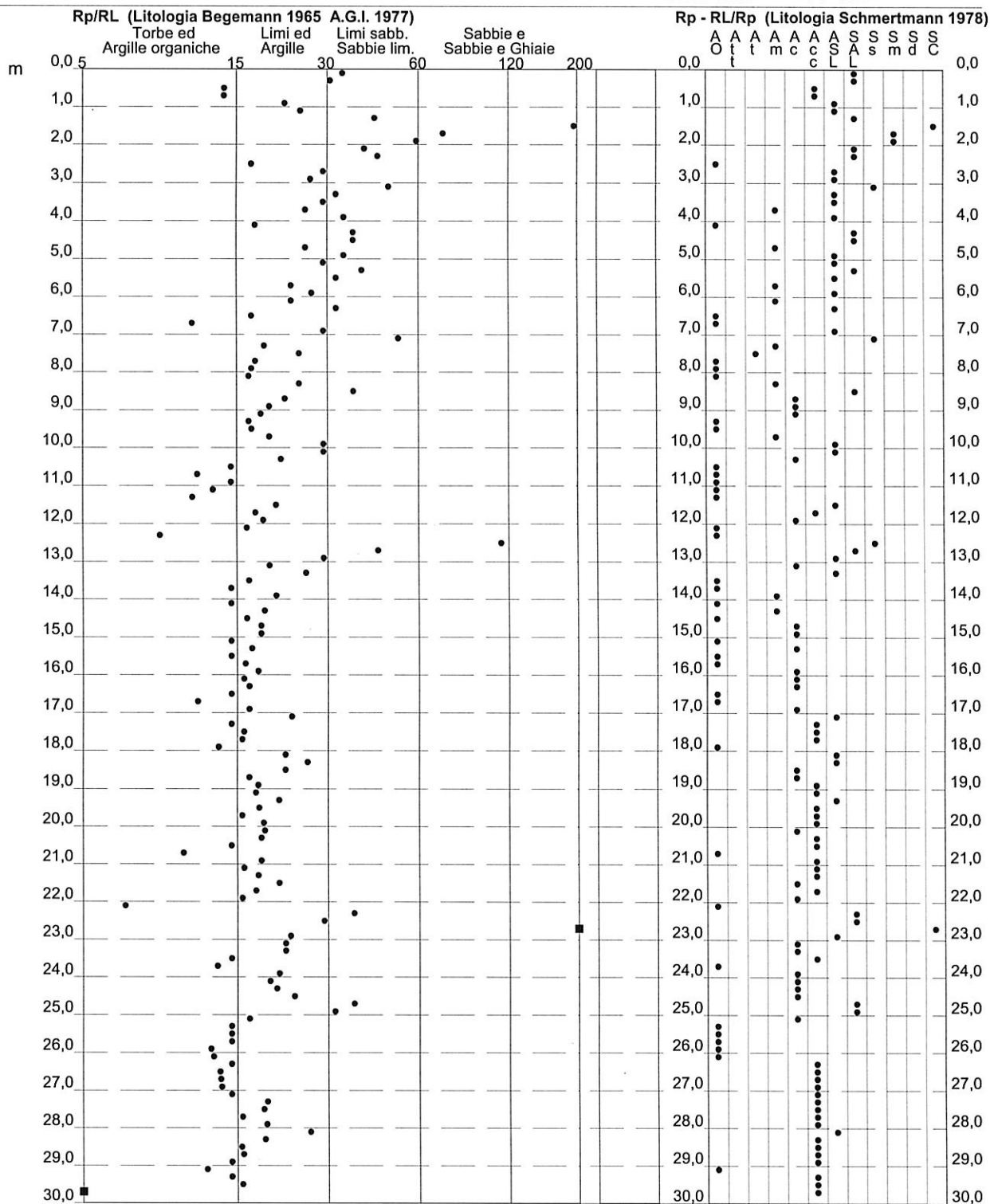
# PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

## CPT 1

2.010496-028

- committente : ALPA Costruzioni s.r.l.  
 - lavoro : Realizzazione civili abitazioni  
 - località : Voghenza FE  
 - note :

- data : 12/01/2010  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 1,50 m da quota inizio  
 - scala vert.: 1 : 150



**PROVA PENETROMETRICA STATICA  
TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI**

**CPT 1**

2.010496-028

- committente : ALPA Costruzioni s.r.l.  
- lavoro : Realizzazione civili abitazioni  
- località : Voghenza FE  
- note :

- data : 12/01/2010  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 1,50 m da quota inizio  
- pagina : 1

NATURA COESIVA										NATURA GRANULARE												
Prof. m	Rp kg/cm²	Rp/Rl (-)	Natura Litol.	Y' t/m³	p'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	σ1s (°)	σ2s (°)	σ3s (°)	σ4s (°)	adm (°)	omy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²	
0,20	60	35	3:~:~:	1,85	0,04	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	45	32	0,258	100	150	210	
0,40	40	32	3:~:~:	1,85	0,07	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	44	30	0,258	67	100	140	
0,60	21	14	4:~:~:	1,85	0,11	0,82	76,9	140	210	74	72	38	40	42	44	40	27	0,165	35	53	74	
0,80	20	14	4:~:~:	1,85	0,15	0,80	51,7	136	204	70	63	37	39	41	43	38	27	0,140	33	50	70	
1,00	39	22	4:~:~:	1,85	0,19	1,30	71,8	221	332	137	81	39	41	43	44	40	30	0,193	65	98	137	
1,20	32	25	4:~:~:	1,85	0,22	1,07	44,7	181	272	112	70	38	40	42	44	39	29	0,172	53	80	112	
1,40	41	44	3:~:~:	1,85	0,26	--	--	--	--	--	74	38	40	42	44	39	30	0,162	65	98	137	
1,60	39	195	3:~:~:	0,90	0,28	--	--	--	--	--	69	38	40	42	44	38	30	0,157	65	98	137	
1,80	39	73	3:~:~:	0,90	0,29	--	--	--	--	--	65	37	39	41	43	38	30	0,145	60	90	126	
2,00	36	60	3:~:~:	0,89	0,31	--	--	--	--	--	42	34	36	39	41	34	27	0,084	32	48	67	
2,20	19	41	4:~:~:	0,92	0,33	0,78	18,2	132	198	68	15	30	33	36	39	29	26	0,029	15	23	32	
2,40	9	45	4:~:~:	0,85	0,35	0,45	8,7	82	124	38	15	30	33	36	39	29	26	0,029	15	23	32	
2,60	7	17	2:~:~:~:	0,84	0,36	0,35	6,0	97	145	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2,80	16	30	4:~:~:	0,90	0,38	0,70	13,2	118	177	62	32	33	35	38	41	32	27	0,063	27	40	56	
3,00	20	27	4:~:~:	0,93	0,40	0,80	14,9	136	204	70	39	33	36	38	41	33	27	0,077	33	50	70	
3,20	13	49	4:~:~:	0,88	0,42	0,60	9,9	103	154	52	23	31	34	37	40	30	26	0,044	22	33	46	
3,40	11	33	4:~:~:	0,87	0,44	0,54	8,1	104	157	44	16	30	33	36	39	29	26	0,031	18	28	39	
3,60	8	30	4:~:~:	0,84	0,45	0,40	5,4	123	185	35	4	29	32	35	38	27	26	0,011	13	20	28	
3,80	7	26	2:~:~:~:	0,84	0,47	0,35	4,3	131	197	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4,00	7	35	4:~:~:	0,83	0,49	0,35	4,2	136	204	32	--	28	31	35	38	26	26	--	12	18	25	
4,20	6	18	2:~:~:~:	0,82	0,50	0,30	3,3	141	211	29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	8	13	18
4,40	5	37	4:~:~:	0,81	0,52	0,25	2,5	132	198	25	--	28	31	35	38	25	25	--	12	18	25	
4,60	10	37	4:~:~:	0,86	0,54	0,50	5,8	144	216	40	8	29	32	35	39	28	26	0,017	17	25	35	
4,80	7	26	2:~:~:~:	0,84	0,55	0,35	3,5	156	234	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,00	7	35	4:~:~:	0,83	0,57	0,35	3,4	160	240	32	--	28	31	35	38	25	26	--	12	18	25	
5,20	8	30	4:~:~:	0,84	0,59	0,40	3,9	165	247	35	--	28	31	35	38	26	26	--	13	20	28	
5,40	8	40	4:~:~:	0,84	0,60	0,40	3,8	170	255	35	--	28	31	35	38	26	26	--	13	20	28	
5,60	11	33	4:~:~:	0,87	0,62	0,54	5,2	170	255	44	8	29	32	35	39	27	26	0,017	18	28	39	
5,80	11	24	2:~:~:~:	0,91	0,64	0,54	5,0	176	264	44	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,00	11	27	2:~:~:~:	0,91	0,66	0,54	4,9	182	273	44	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,20	11	24	2:~:~:~:	0,91	0,68	0,54	4,7	188	282	44	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,40	11	33	4:~:~:	0,87	0,69	0,54	4,6	193	290	44	5	29	32	35	38	27	26	0,013	18	28	39	
6,60	7	17	2:~:~:~:	0,84	0,71	0,35	2,6	183	275	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,80	6	11	1:~:~:~:	0,46	0,72	0,30	2,1	36	53	18	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,00	6	30	4:~:~:	0,82	0,74	0,30	2,0	167	251	29	--	28	31	35	38	25	26	--	10	15	21	
7,20	7	52	4:~:~:	0,83	0,75	0,35	2,4	187	281	32	--	28	31	35	38	25	26	--	12	18	25	
7,40	9	19	2:~:~:~:	0,88	0,77	0,45	3,2	214	321	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,60	5	25	2:~:~:~:	0,80	0,79	0,25	1,5	146	219	25	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,80	6	18	2:~:~:~:	0,82	0,80	0,30	1,8	170	256	29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,00	7	17	2:~:~:~:	0,84	0,82	0,35	2,2	193	289	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,20	8	17	2:~:~:~:	0,86	0,84	0,40	2,5	212	318	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,40	10	25	2:~:~:~:	0,90	0,85	0,50	3,2	238	356	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,60	10	37	4:~:~:	0,86	0,87	0,50	3,1	241	362	40	--	28	31	35	38	25	26	--	17	25	35	
8,80	12	22	2:~:~:~:	0,82	0,89	0,57	3,6	251	371	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,00	12	20	2:~:~:~:	0,92	0,91	0,57	3,5	256	384	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,20	10	19	2:~:~:~:	0,90	0,93	0,50	2,9	250	375	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,40	8	17	2:~:~:~:	0,86	0,94	0,40	2,1	221	331	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,60	7	17	2:~:~:~:	0,84	0,96	0,35	1,8	200	300	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,80	8	20	2:~:~:~:	0,86	0,98	0,40	2,1	223	334	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,00	8	30	4:~:~:	0,84	0,99	0,40	2,0	224	336	35	--	28	31	35	38	25	26	--	13	20	28	
10,20	12	30	4:~:~:	0,88	1,01	0,57	3,1	278	418	48	--	28	31	35	38	25	26	--	20	30	42	
10,40	16	22	2:~:~:~:	0,96	1,03	0,70	3,8	290	435	62	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,60	9	15	2:~:~:~:	0,88	1,05	0,45	2,2	247	371	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,80	7	12	1:~:~:~:	0,46	1,06	0,35	1,6	44	66	21	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,00	7	15	1:~:~:~:	0,46	1,07	0,35	1,6	44	66	21	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,20	7	13	1:~:~:~:	0,46	1,08	0,35	1,5	44	66	21	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,40	9	11	2:~:~:~:	0,88	1,09	0,45	2,1	250	375	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,60	28	21	4:~:~:	0,96	1,11	0,97	5,3	304	456	98	26	32	34	37	40	29	28	0,049	47	70	98	
11,80	24	18	4:~:~:	0,94	1,13	0,89	4,6	315	472	84	20	31	34	37	40	28	28	0,038	40	60	84	
12,00	14	19	2:~:~:~:	0,94	1,15	0,64	3,0	314	471	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12,20	9	17	2:~:~:~:	0,88	1,17	0,45	1,9	254	381	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12,40	10	9	2:~:~:~:	0,90	1,19	0,50	2,1	276	414	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12,60	15	112	4:~:~:	0,89	1,20	0,67	3,0	329	493	60	2	28	32	35	38	25	27	0,006	25	38	53	
12,80	12	45	4:~:~:	0,88	1,22	0,57	2,4	305	458	48	--	28	31	35	38	25	26	--	20	30	42	
13,00	16	30	4:~:~:	0,90	1,24	0,70	3,1	340	510	62	4	29	32	35	38	26	27	0,009	27	40	56	
13,20	12	20	2:~:~:~:	0,92	1,26	0,57	2,3	309	463	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
13,40	14	26	2:~:~:~:	0,94	1,28	0,64	2,6	332	497	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
13,60	8	17	2:~:~:~:	0,86	1,29	0,40	1,4	234	351	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
13,80	7	15	1:~:~:~:	0,46	1,30	0,35	1,2	45	68	21	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
14,00	7	21	2:~:~:~:	0,84	1,32	0,35	1,2	208	312	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
14,20	9	15	2:~:~:~:	0,88	1,34	0,45	1,6															

**PROVA PENETROMETRICA STATICA  
TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI**

**CPT 1**

2.010496-028

- committente : ALPA Costruzioni s.r.l.  
- lavoro : Realizzazione civili abitazioni  
- località : Voghenza FE  
- note :

- data : 12/01/2010  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 1,50 m da quota inizio  
- pagina : 2

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE											
Prof. m	Rp kg/cm²	Rp/Rl (-)	Natura Litol.	Y' U/m²	p'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	σ1s (°)	σ2s (°)	σ3s (°)	σ4s (°)	σdm (°)	σmy (°)	Amav/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²	
20,20	18	19	2/III	0,98	1,90	0,75	2,0	421	632	67	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
20,40	20	19	4/1:	0,93	1,92	0,80	2,1	443	665	70	1	28	31	35	38	25	27	0,002	33	50	70	--
20,60	16	15	2/III	0,96	1,94	0,70	1,7	398	598	62	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
20,80	14	10	2/III	0,94	1,96	0,64	1,5	370	555	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
21,00	20	19	4/1:	0,93	1,97	0,80	2,0	447	670	70	--	28	31	35	38	25	27	--	33	50	70	--
21,20	22	16	4/1:	0,93	1,99	0,85	2,2	467	700	77	3	28	32	35	38	25	28	0,008	37	55	77	--
21,40	22	18	4/1:	0,93	2,01	0,85	2,1	468	702	77	3	28	32	35	38	25	28	0,007	37	55	77	--
21,60	20	21	4/1:	0,93	2,03	0,80	2,0	450	674	70	--	28	31	35	38	25	27	--	33	50	70	--
21,80	18	18	2/III	0,98	2,05	0,75	1,8	428	642	67	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
22,00	13	16	2/III	0,93	2,07	0,60	1,4	356	534	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
22,20	10	7	2/III	0,90	2,09	0,50	1,1	299	449	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
22,40	40	37	3:---	0,90	2,10	--	--	--	--	--	22	31	34	37	40	28	30	0,042	67	100	140	--
22,60	36	30	4/1:	0,99	2,12	1,20	3,1	585	877	126	19	31	33	36	39	27	30	0,035	60	90	126	--
22,80	46	34	3:---	0,91	2,14	--	--	--	--	--	27	32	34	37	40	28	31	0,051	77	115	161	--
23,00	28	23	4/1:	0,96	2,16	0,97	2,3	524	787	98	9	29	32	35	39	26	28	0,020	47	70	98	--
23,20	12	22	2/III	0,92	2,18	0,57	1,2	340	510	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
23,40	18	22	2/III	0,98	2,20	0,75	1,6	433	650	67	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
23,60	18	15	2/III	0,98	2,22	0,75	1,6	434	651	67	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
23,80	18	13	2/III	0,98	2,24	0,75	1,6	434	652	67	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
24,00	20	21	4/1:	0,93	2,26	0,80	1,7	459	689	70	--	28	31	35	38	25	27	--	33	50	70	--
24,20	16	20	2/III	0,96	2,28	0,70	1,4	408	612	62	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
24,40	14	21	2/III	0,94	2,29	0,64	1,3	377	565	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
24,60	16	24	2/III	0,96	2,31	0,70	1,4	409	613	62	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
24,80	20	37	4/1:	0,93	2,33	0,80	1,6	462	693	70	--	28	31	35	38	25	27	--	33	50	70	--
25,00	26	32	3:---	0,87	2,35	--	--	--	--	--	5	29	32	35	38	25	28	0,012	43	65	91	--
25,20	16	17	2/III	0,96	2,37	0,70	1,4	410	614	62	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
25,40	14	15	2/III	0,94	2,39	0,64	1,2	378	567	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
25,60	12	15	2/III	0,92	2,41	0,57	1,0	342	513	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
25,80	12	15	2/III	0,92	2,42	0,57	1,0	342	514	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
26,00	12	13	2/III	0,92	2,44	0,57	1,0	343	514	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
26,20	14	13	2/III	0,94	2,46	0,64	1,2	379	568	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
26,40	22	15	4/1:	0,93	2,48	0,85	1,6	489	733	77	--	28	31	35	38	25	28	--	37	55	77	--
26,60	22	14	4/1:	0,93	2,50	0,85	1,6	489	734	77	--	28	31	35	38	25	28	--	37	55	77	--
26,80	24	14	4/1:	0,94	2,52	0,89	1,7	511	766	84	0	28	31	35	38	25	28	0,001	40	60	84	--
27,00	26	14	4/1:	0,95	2,54	0,93	1,8	530	795	91	3	28	32	35	38	25	28	0,007	43	65	91	--
27,20	28	15	4/1:	0,96	2,56	0,97	1,9	548	821	98	5	29	32	35	38	25	28	0,013	47	70	98	--
27,40	34	20	4/1:	0,98	2,57	1,13	2,3	619	928	119	12	30	33	36	39	26	29	0,024	57	85	119	--
27,60	28	19	4/1:	0,96	2,59	0,97	1,8	549	824	98	5	29	32	35	38	25	28	0,012	47	70	98	--
27,80	26	16	4/1:	0,95	2,61	0,93	1,7	533	799	91	2	28	32	35	38	25	28	0,006	43	65	91	--
28,00	26	19	4/1:	0,95	2,63	0,93	1,7	533	800	91	2	28	31	35	38	25	28	0,005	43	65	91	--
28,20	36	27	4/1:	0,99	2,65	1,20	2,3	649	974	126	13	30	33	36	39	26	30	0,026	60	90	126	--
28,40	36	19	4/1:	0,99	2,67	1,20	2,3	651	976	126	13	30	33	36	39	26	30	0,025	60	90	126	--
28,60	28	16	4/1:	0,96	2,69	0,97	1,7	553	830	98	4	29	32	35	38	25	28	0,010	47	70	98	--
28,80	24	16	4/1:	0,94	2,71	0,89	1,6	516	775	84	--	28	31	35	38	25	28	--	40	60	84	--
29,00	22	15	4/1:	0,93	2,73	0,85	1,5	495	743	77	--	28	31	35	38	25	28	--	37	55	77	--
29,20	20	12	4/1:	0,93	2,75	0,80	1,3	471	707	70	--	28	31	35	38	25	27	--	33	50	70	--
29,40	24	15	4/1:	0,94	2,77	0,89	1,5	518	777	84	--	28	31	35	38	25	28	--	40	60	84	--
29,60	26	16	4/1:	0,95	2,78	0,93	1,6	538	807	91	1	28	31	35	38	25	28	0,002	43	65	91	--
29,80	28	--	4/1:	0,96	2,80	0,97	1,7	557	835	98	3	28	32	35	38	25	28	0,008	47	70	98	--
30,00	--	--	???	0,85	2,82	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--