

**REALIZZAZIONE DI FABBRICATO INDUSTRIALE IN VIA  
TONINATO 32, COMUNE DI VIGONOVO**

***Comune di Vigonovo***

**RELAZIONE GEOTECNICA**

*Ing. Alberto Perli*  
*Iscr. n. 3688 Albo di Padova*



*Ing. Gianluca Favaro*  
*Iscr. n. 3687 Albo di Padova*



Padova, lì 09.04.2014

## **1 Premessa**

---

Per incarico della società Zincatura Nazionale S.r.l., è stata effettuata un'indagine geotecnica al fine di caratterizzare meccanicamente il terreno ove verrà realizzato un nuovo fabbricato industriale in via Toniolo 32.

## **2 Normativa di riferimento**

---

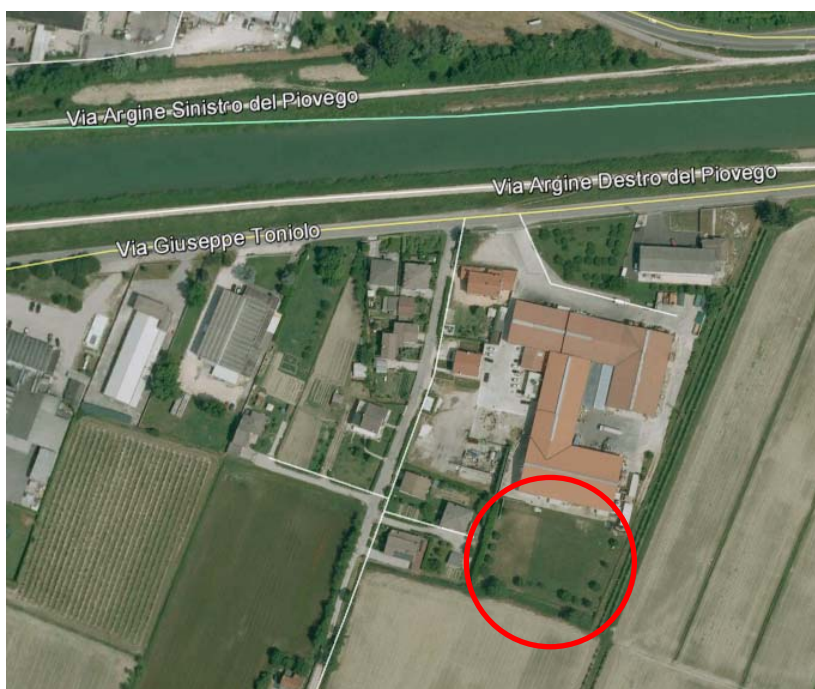
- D.M. 11/3/1988 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- Circ. Min. LL.PP. n. 30483 del 24.09.88;
- Circ. Min. LL.PP. n. 218/24/3 del 9.01.96;
- Circ. Reg. veneto n. 9 del 05/04/2001.
- N.T.C. 2008 e relative circolari

## **3 Informazioni sul sito**

---

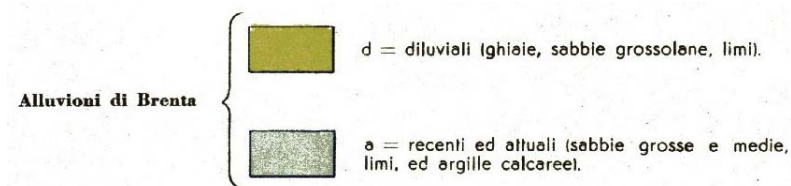
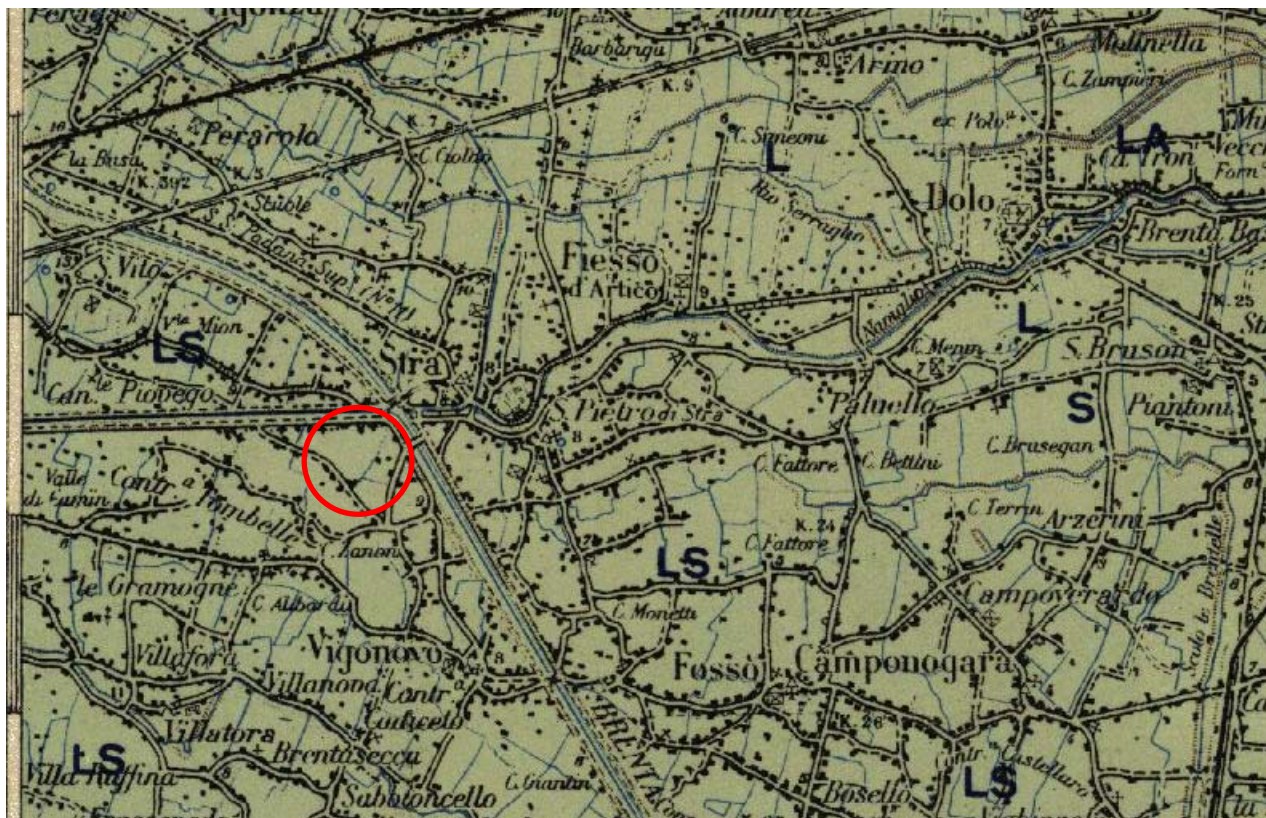
### **3.1 Inquadramento**

L'area oggetto di indagine è sita in comune di Vigonovo, in Via Toniolo n°32, in località Tombelle di Vigonovo.



Area di intervento

### 3.2 Inquadramento geologico



Estratto carta geologica d'Italia 1:100000

### 3.3 Falda

La misurazione del livello di falda è avvenuta nel foro praticato per l'esecuzione delle indagini penetrometriche. Il pelo libero della falda è stato misurato a 2 m dal piano campagna.



## 4 Informazioni sull'indagine

### 4.1 Scelta della tipologia di indagine geognostica per la caratterizzazione delle caratteristiche del terreno

Viste le caratteristiche del soprassuolo, la posizione geografica del sito, le precedenti esperienze effettuate nella zona, le caratteristiche dell'intervento si è scelto di eseguire, ai fini della caratterizzazione geotecnica del terreno, una campagna di prove penetrometriche statiche (CPT).

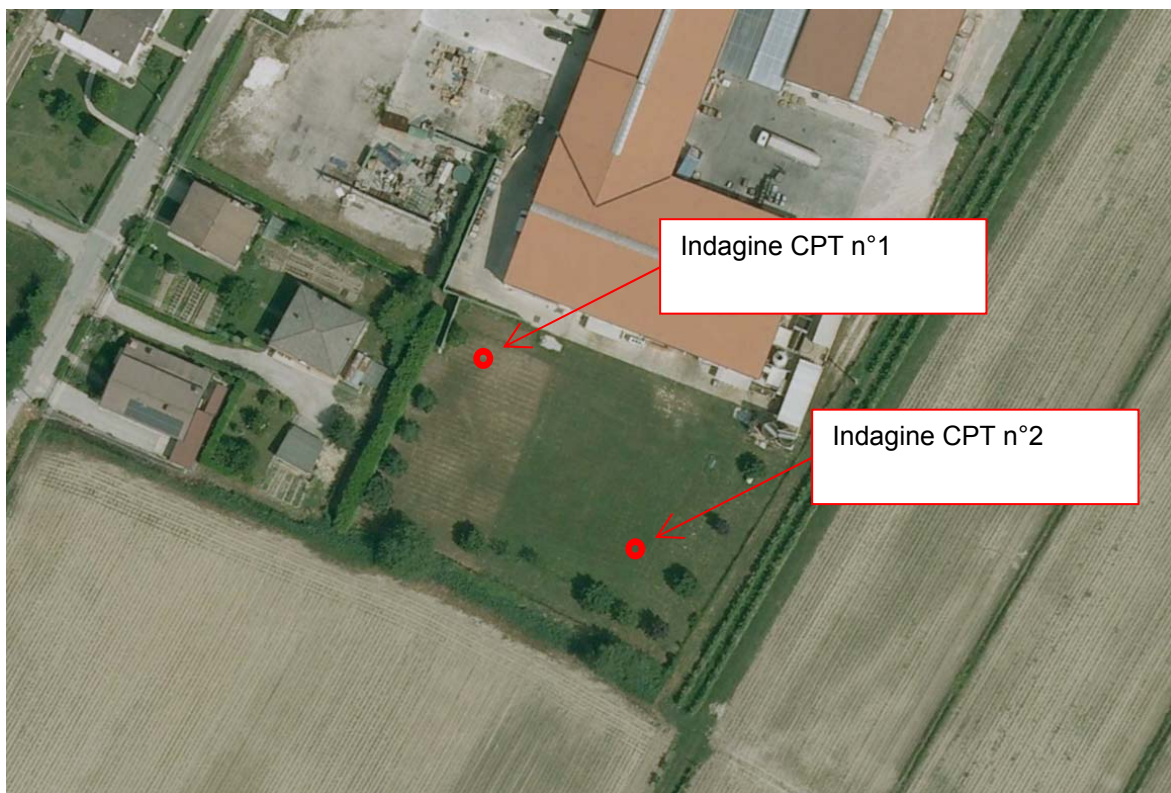
### 4.2 Informazioni sulla prova penetrometrica statica

La prova penetrometrica statica (CPT) consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione nel terreno di una punta conica standardizzata con apertura di 60° che viene infissa a mezzo di un martinetto idraulico. La prova utilizza una punta "Begeman" che consente la misurazione della resistenza di punta e laterale all'avanzamento. In base ai valori di resistenza misurati è possibile risalire al tipo di terreno (argilla, sabbia....) e alle caratteristiche geotecniche dello stesso (angolo di attrito, coesione non drenata...).

### 4.3 Informazioni sull'apparecchiatura utilizzata

Per eseguire la prova geotecnica è stato utilizzato un penetrometro statico PAGANI che fornisce una spinta di 20 tonnellate, montato su carro cingolato semovente.

### 4.4 Posizionamento punti di indagine



## 4.4 Risultati dell'indagine

Si riportano di seguito i risultati dei valori di resistenza rilevati durante le indagini.

PROVA PENETROMETRICA STATICA											CPT 1
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA											2.010498-075
- committente : Zincatura Nazionale						- data : 31/03/2014					
- lavoro : Capannone industriale						- quota inizio : Piano Campagna					
- località : Vigonovo						- prof. falda : 2,20 m da quota inizio					
- note :						- 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	18,0	45,0	18,0	1,80	10,0	5,20	68,0	89,0	68,0	0,27	255,0
0,40	18,0	45,0	18,0	0,53	34,0	5,40	49,0	53,0	49,0	0,20	245,0
0,60	17,0	25,0	17,0	0,93	18,0	5,60	38,0	41,0	38,0	0,73	52,0
0,80	18,0	32,0	18,0	0,80	22,0	5,80	18,0	29,0	18,0	0,53	34,0
1,00	14,0	26,0	14,0	0,80	17,0	6,00	17,0	25,0	17,0	0,73	23,0
1,20	25,0	37,0	25,0	0,47	54,0	6,20	27,0	38,0	27,0	0,73	37,0
1,40	57,0	64,0	57,0	1,80	32,0	6,40	44,0	55,0	44,0	1,33	33,0
1,60	41,0	68,0	41,0	0,73	56,0	6,60	51,0	71,0	51,0	1,00	51,0
1,80	30,0	41,0	30,0	0,20	150,0	6,80	73,0	88,0	73,0	1,80	41,0
2,00	15,0	18,0	15,0	0,33	45,0	7,00	57,0	84,0	57,0	1,73	33,0
2,20	14,0	19,0	14,0	0,67	21,0	7,20	76,0	102,0	76,0	1,67	46,0
2,40	6,0	16,0	6,0	0,33	18,0	7,40	88,0	113,0	88,0	1,67	53,0
2,60	6,0	11,0	6,0	0,33	18,0	7,60	94,0	119,0	94,0	1,47	64,0
2,80	17,0	22,0	17,0	1,33	13,0	7,80	88,0	110,0	88,0	1,20	73,0
3,00	37,0	57,0	37,0	1,27	29,0	8,00	32,0	50,0	32,0	1,40	23,0
3,20	62,0	81,0	62,0	0,80	77,0	8,20	14,0	35,0	14,0	0,40	35,0
3,40	79,0	91,0	79,0	0,93	85,0	8,40	13,0	19,0	13,0	0,20	65,0
3,60	72,0	86,0	72,0	1,60	45,0	8,60	17,0	20,0	17,0	0,80	21,0
3,80	36,0	60,0	36,0	1,07	34,0	8,80	16,0	28,0	16,0	1,00	16,0
4,00	23,0	39,0	23,0	1,13	20,0	9,00	20,0	35,0	20,0	1,80	11,0
4,20	26,0	43,0	26,0	1,13	23,0	9,20	26,0	53,0	26,0	1,07	24,0
4,40	32,0	49,0	32,0	1,87	17,0	9,40	55,0	71,0	55,0	1,33	41,0
4,60	36,0	64,0	36,0	1,53	23,0	9,60	38,0	58,0	38,0	1,73	22,0
4,80	43,0	66,0	43,0	2,33	18,0	9,80	34,0	60,0	34,0	1,47	23,0
5,00	68,0	103,0	68,0	1,40	49,0	10,00	39,0	61,0	39,0	----	----

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

Rifer. 06-14

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

**CPT 2**

2.010498-075

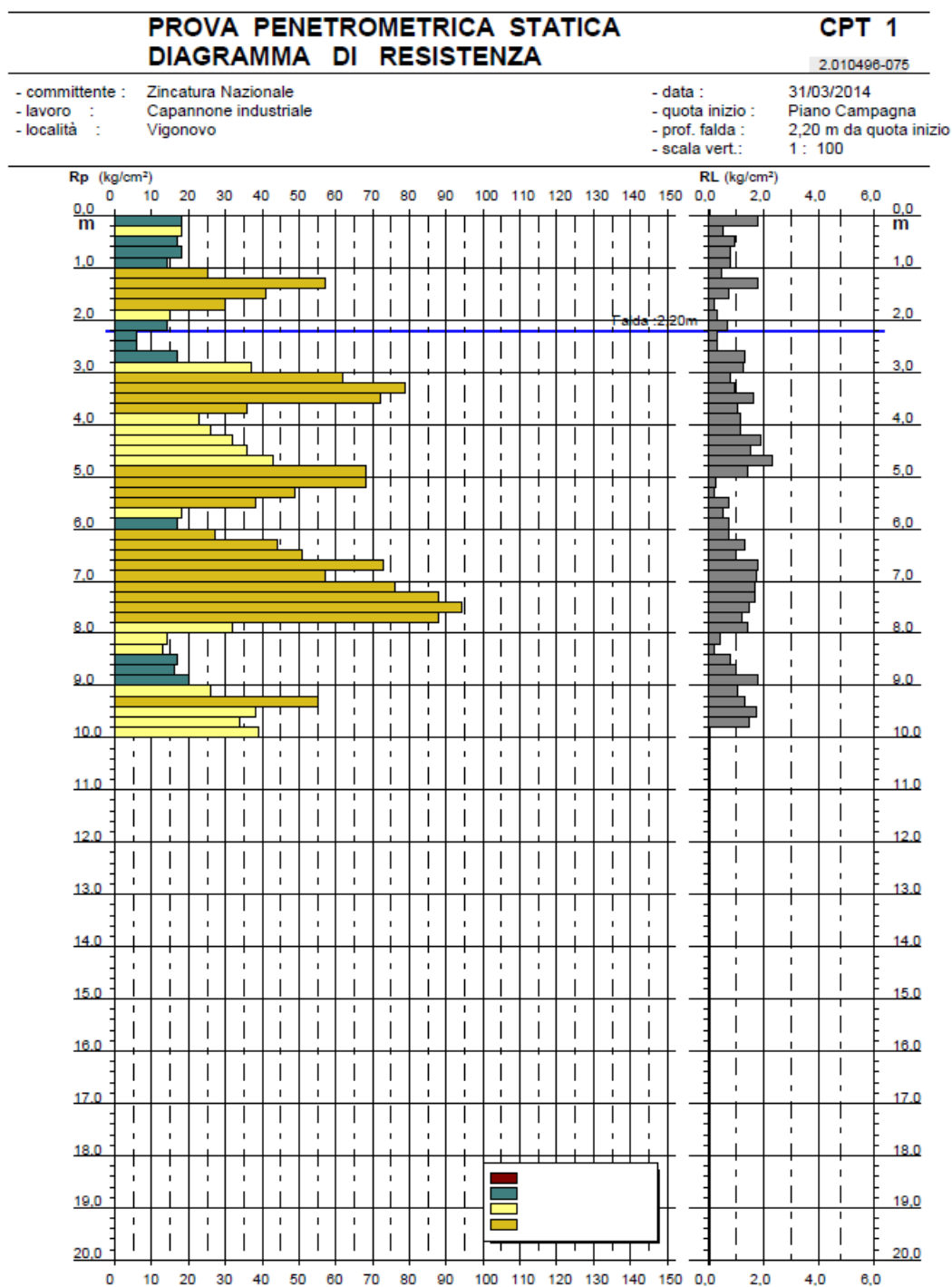
- committente : Zincatura Nazionale  
- lavoro : Capannone industriale  
- località : Vigonovo  
- note :  
- data : 31/03/2014  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 2,00 m da quota inizio  
- pagina : 1

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	15,0	26,0	15,0	0,73	20,0	5,20	85,0	109,0	85,0	1,13	75,0
0,40	15,0	26,0	15,0	0,93	16,0	5,40	43,0	60,0	43,0	1,27	34,0
0,60	52,0	66,0	52,0	1,87	28,0	5,60	36,0	55,0	36,0	0,47	77,0
0,80	39,0	67,0	39,0	0,33	117,0	5,80	30,0	37,0	30,0	0,60	50,0
1,00	99,0	104,0	99,0	0,40	247,0	6,00	48,0	57,0	48,0	2,00	24,0
1,20	13,0	19,0	13,0	1,13	11,0	6,20	31,0	61,0	31,0	0,60	52,0
1,40	13,0	30,0	13,0	1,07	12,0	6,40	71,0	80,0	71,0	1,20	59,0
1,60	45,0	61,0	45,0	1,07	42,0	6,60	98,0	116,0	98,0	1,47	67,0
1,80	37,0	53,0	37,0	0,93	40,0	6,80	57,0	79,0	57,0	2,00	28,0
2,00	14,0	28,0	14,0	0,60	23,0	7,00	134,0	164,0	134,0	1,53	87,0
2,20	31,0	40,0	31,0	0,80	39,0	7,20	86,0	109,0	86,0	2,47	35,0
2,40	20,0	32,0	20,0	0,87	23,0	7,40	101,0	138,0	101,0	1,80	56,0
2,60	26,0	39,0	26,0	1,07	24,0	7,60	81,0	108,0	81,0	0,93	87,0
2,80	25,0	41,0	25,0	1,33	19,0	7,80	39,0	53,0	39,0	1,13	34,0
3,00	54,0	74,0	54,0	1,73	31,0	8,00	10,0	27,0	10,0	0,53	19,0
3,20	58,0	84,0	58,0	1,47	40,0	8,20	15,0	23,0	15,0	0,33	45,0
3,40	60,0	82,0	60,0	1,53	39,0	8,40	16,0	21,0	16,0	0,60	27,0
3,60	38,0	61,0	38,0	1,80	21,0	8,60	17,0	26,0	17,0	0,60	28,0
3,80	23,0	50,0	23,0	1,60	14,0	8,80	20,0	29,0	20,0	1,27	16,0
4,00	39,0	63,0	39,0	0,93	42,0	9,00	20,0	39,0	20,0	1,07	19,0
4,20	39,0	53,0	39,0	2,47	16,0	9,20	58,0	74,0	58,0	1,20	48,0
4,40	32,0	69,0	32,0	1,47	22,0	9,40	52,0	70,0	52,0	1,13	46,0
4,60	53,0	75,0	53,0	1,60	33,0	9,60	35,0	52,0	35,0	1,00	35,0
4,80	67,0	91,0	67,0	1,80	37,0	9,80	31,0	46,0	31,0	1,00	31,0
5,00	54,0	81,0	54,0	1,60	34,0	10,00	24,0	39,0	24,0	----	----

- PENETROMETRO STATICO tipo GOUDA da 20 t - (con anello allargatore) -  
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s  
- punta meccanica tipo Begemann ø = 35,7 mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)  
- manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)

## 5 Stratigrafia

La prove CPT condotte nel sito in esame hanno permesso di determinare i grafici di resistenza del terreno di seguito riportati.



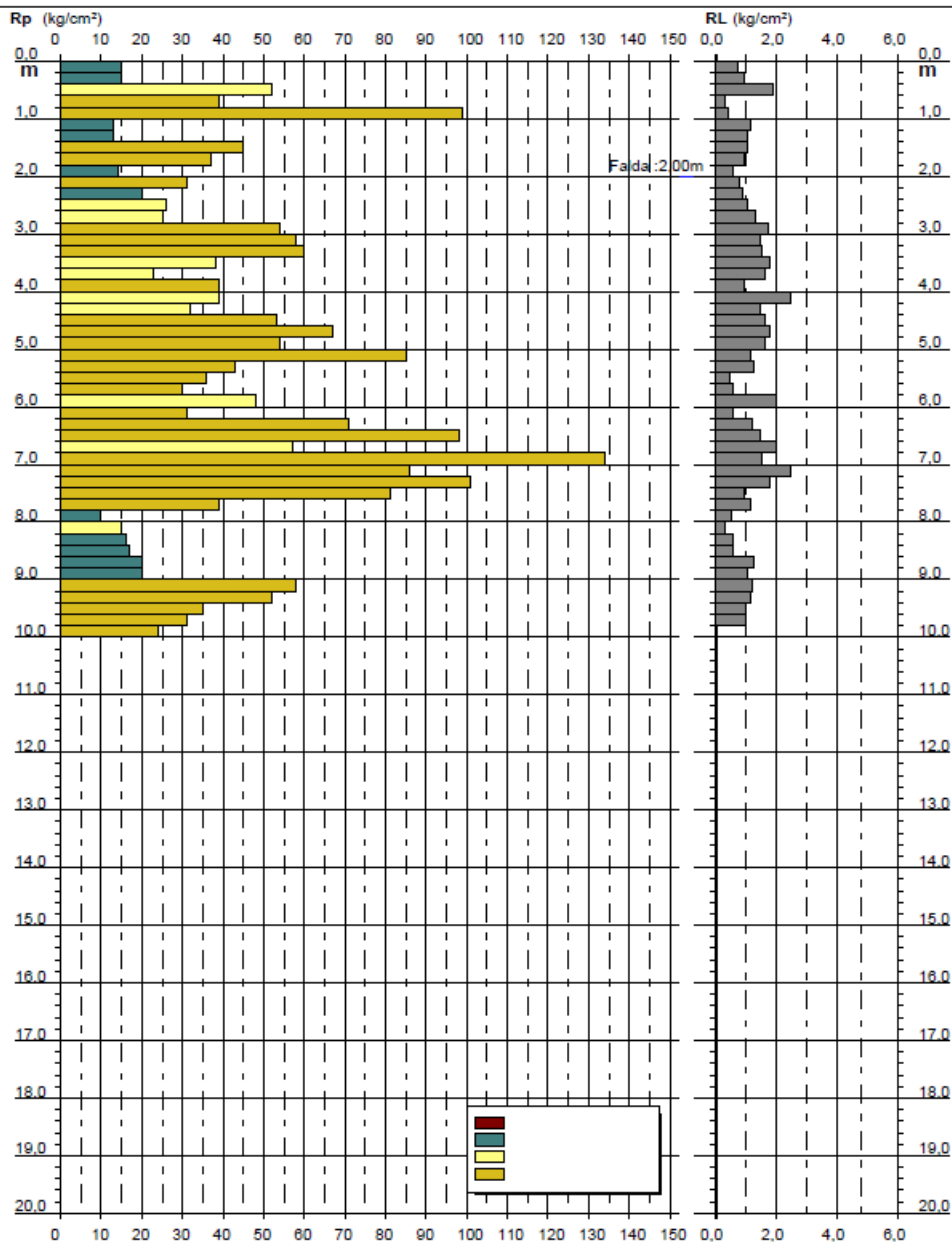
**PROVA PENETROMETRICA STATICA  
DIAGRAMMA DI RESISTENZA**

**CPT 2**

2.010496-075

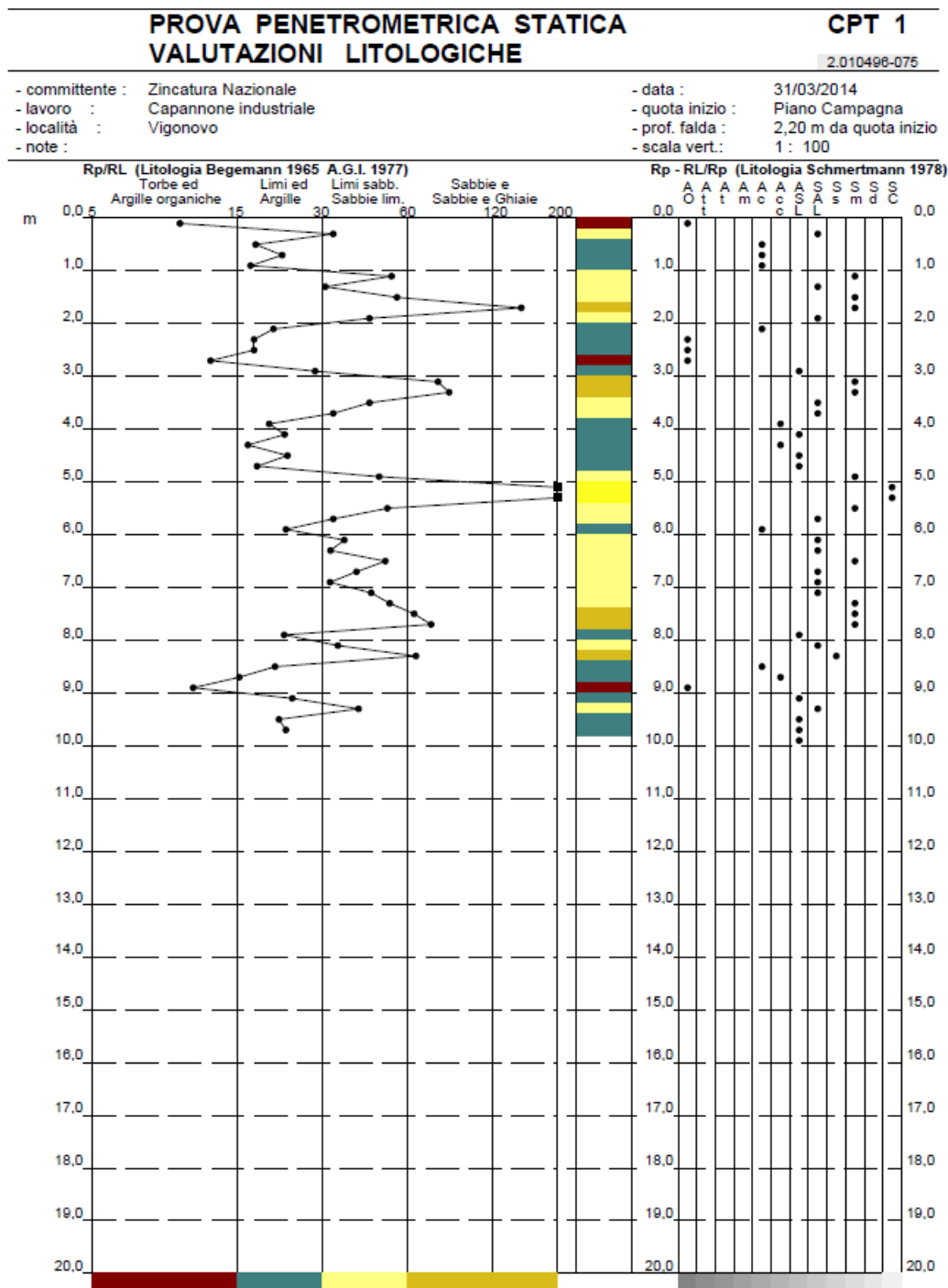
- committente : Zincatura Nazionale  
- lavoro : Capannone industriale  
- località : Vigonovo

- data : 31/03/2014  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 2,00 m da quota ini  
- scala vert.: 1 : 100





Il valore della resistenza di punta, della resistenza laterale e del rapporto di quest'ultime permette di redire delle valutazioni litologiche secondo l'interpretazione di Schertmann e di Begeman riportate di seguito.



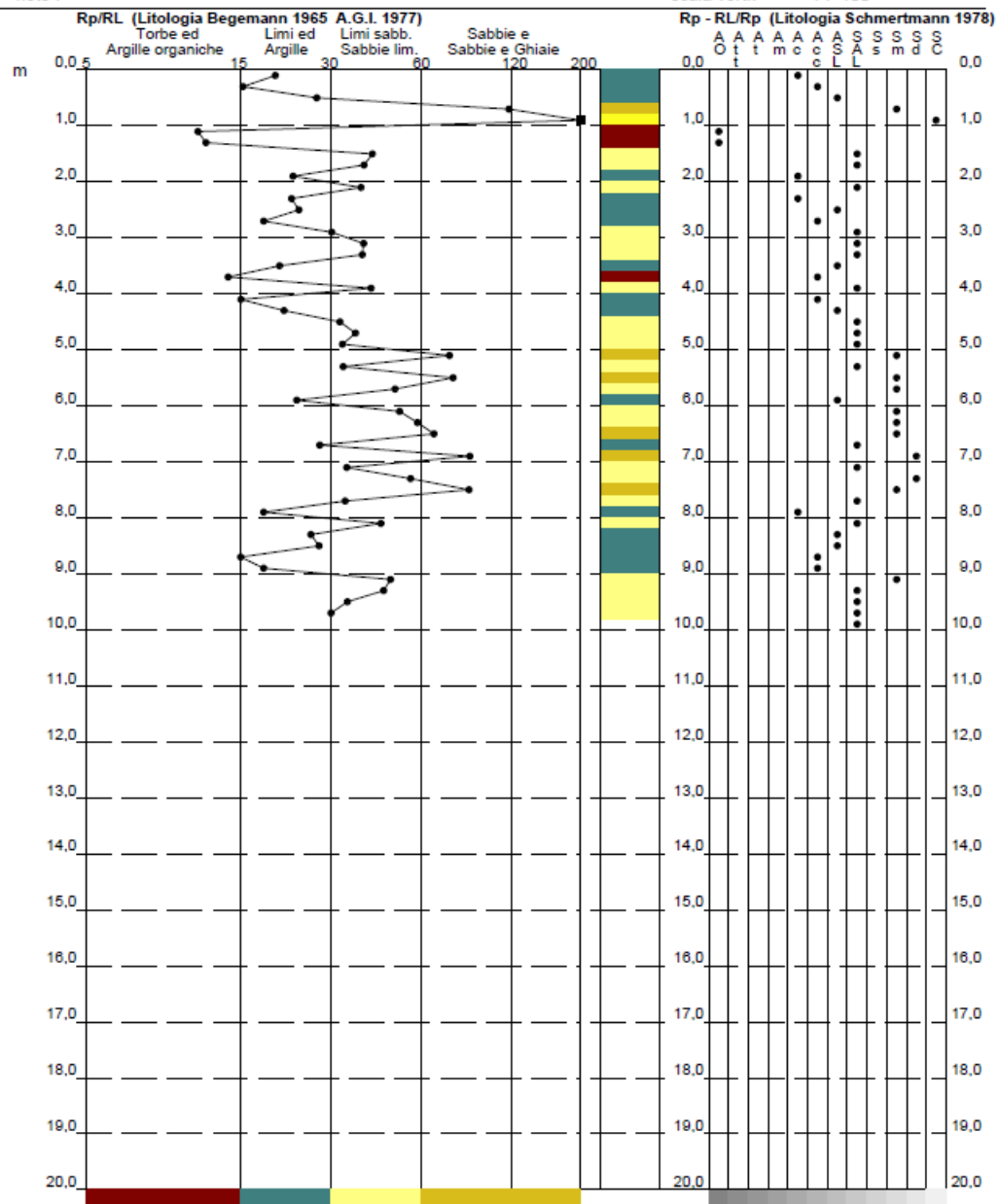
**PROVA PENETROMETRICA STATICA  
VALUTAZIONI LITOLOGICHE**

**CPT 2**

2.010498-075

- committente : Zincatura Nazionale  
- lavoro : Capannone industriale  
- località : Vigonovo  
- note :

- data : 31/03/2014  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 2,00 m da quota inizio  
- scala vert.: 1 : 100



**PROVA PENETROMETRICA STATICA  
TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI**

**CPT 1**

2.010496-075

- committente : Zincatura Nazionale  
- lavoro : Capannone industriale  
- località : Vigonovo  
- note :

- data : 31/03/2014  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 2,20 m da quota inizio  
- pagina : 1

NATURA COESIVA															NATURA GRANULARE														
Prof. m	Rp kg/cm²	Rp/Ri (-)	Natura Litol.	Y' t/m³	p'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	e1s (%)	e2s (%)	e3s (%)	e4s (%)	edm (%)	emy (%)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²								
0.20	18	10	2/III	1.85	0.04	0.75	99.9	128	191	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--							
0.40	18	34	4/I	1.85	0.07	0.75	99.9	128	191	56	77	39	40	42	44	41	27	0.179	30	45	54								
0.60	17	18	2/III	1.85	0.11	0.72	65.4	123	184	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--							
0.80	18	22	2/III	1.85	0.15	0.75	47.7	128	191	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--							
1.00	14	17	2/III	1.85	0.19	0.64	29.4	108	162	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--							
1.20	25	54	3	1.85	0.22	--	--	--	--	--	61	37	39	41	43	38	28	0.133	42	63	75								
1.40	57	32	3	1.85	0.26	--	--	--	--	--	86	40	42	43	45	41	31	0.208	95	143	171								
1.60	41	56	3	1.85	0.30	--	--	--	--	--	71	38	40	42	44	39	30	0.162	68	103	123								
1.80	30	150	3	1.85	0.33	--	--	--	--	--	57	36	38	40	43	36	29	0.123	50	75	90								
2.00	15	45	4/I	1.85	0.37	0.67	13.1	113	170	50	31	32	35	38	40	32	27	0.080	25	38	45								
2.20	14	21	2/III	0.94	0.39	0.64	11.6	108	162	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--								
2.40	6	18	2/III	0.82	0.41	0.30	4.3	113	170	29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--								
2.60	6	18	2/III	0.82	0.42	0.30	4.1	118	177	29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--								
2.80	17	13	2/III	0.97	0.44	0.72	11.7	123	184	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--								
3.00	37	29	4/I	0.99	0.46	1.23	21.5	210	315	111	57	36	38	40	43	36	30	0.122	62	93	111								
3.20	62	77	3	0.94	0.48	--	--	--	--	--	73	38	40	42	44	38	32	0.170	103	155	186								
3.40	79	85	3	0.97	0.50	--	--	--	--	--	81	39	41	43	44	39	33	0.193	132	198	237								
3.60	72	45	3	0.95	0.52	--	--	--	--	--	77	39	40	42	44	39	32	0.180	120	180	216								
3.80	36	34	3	0.89	0.54	--	--	--	--	--	52	35	38	40	42	35	30	0.109	60	90	108								
4.00	23	20	4/I	0.94	0.55	0.87	11.0	148	221	69	36	33	36	38	41	32	28	0.070	38	58	69								
4.20	26	23	4/I	0.95	0.57	0.93	11.5	158	237	78	39	33	36	38	41	33	28	0.078	43	65	78								
4.40	32	17	4/I	0.97	0.59	1.07	13.1	181	272	96	46	34	37	39	42	34	29	0.093	53	80	96								
4.60	36	23	4/I	0.99	0.61	1.20	14.6	204	306	108	49	35	37	39	42	34	30	0.101	60	90	108								
4.80	43	18	4/I	1.00	0.63	1.43	17.5	244	366	129	54	36	38	40	42	35	30	0.115	72	108	129								
5.00	68	49	3	0.95	0.65	--	--	--	--	--	69	38	40	41	44	37	32	0.157	113	170	204								
5.20	68	255	3	0.95	0.67	--	--	--	--	--	68	38	39	41	43	37	32	0.155	113	170	204								
5.40	49	245	3	0.92	0.69	--	--	--	--	--	57	36	38	40	43	35	31	0.121	82	123	147								
5.60	38	52	3	0.90	0.71	--	--	--	--	--	47	35	37	39	42	34	30	0.097	63	95	114								
5.80	18	34	4/I	0.91	0.72	0.75	6.6	186	279	56	21	31	34	37	40	29	27	0.040	30	45	54								
6.00	17	23	2/III	0.97	0.74	0.72	6.1	196	295	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--								
6.20	27	37	3	0.87	0.76	--	--	--	--	--	34	33	35	38	41	31	28	0.066	45	68	81								
6.40	44	33	3	0.91	0.78	--	--	--	--	--	50	35	37	40	42	34	31	0.104	73	110	132								
6.60	51	51	3	0.92	0.80	--	--	--	--	--	54	36	38	40	42	34	31	0.115	85	128	153								
6.80	73	41	3	0.96	0.82	--	--	--	--	--	66	37	39	41	43	36	32	0.148	122	183	219								
7.00	57	33	3	0.93	0.84	--	--	--	--	--	57	36	38	40	43	35	31	0.122	95	143	171								
7.20	76	46	3	0.96	0.85	--	--	--	--	--	66	37	39	41	43	36	33	0.148	127	190	228								
7.40	88	53	3	0.98	0.87	--	--	--	--	--	71	38	40	42	44	37	33	0.162	147	220	264								
7.60	94	64	3	0.99	0.89	--	--	--	--	--	73	38	40	42	44	37	34	0.167	157	235	282								
7.80	88	73	3	0.98	0.91	--	--	--	--	--	70	38	40	42	44	37	33	0.158	147	220	264								
8.00	32	23	4/I	0.97	0.93	1.07	7.4	229	344	96	35	33	35	38	41	31	29	0.097	53	80	96								
8.20	14	35	4/I	0.89	0.95	0.64	3.9	268	402	48	6	29	32	35	38	26	26	0.013	23	35	42								
8.40	13	65	4/I	0.88	0.97	0.60	3.5	273	410	47	3	28	32	35	38	26	26	0.007	22	33	39								
8.60	17	21	2/III	0.97	0.99	0.72	4.3	276	414	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--								
8.80	16	16	2/III	0.96	1.01	0.70	4.0	282	423	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--								
9.00	20	11	4/I	0.93	1.03	0.80	4.6	286	429	60	16	30	33	36	39	28	27	0.031	33	50	60								
9.20	26	24	4/I	0.95	1.04	0.93	5.4	284	426	78	25	31	34	37	40	29	28	0.047	43	65	78								
9.40	55	41	3	0.93	1.06	--	--	--	--	--	50	35	37	40	42	33	31	0.104	92	138	165								
9.60	38	22	4/I	0.98	1.08	1.27	7.6	264	395	114	37	33	36	38	41	31	30	0.072	63	95	114								
9.80	34	23	4/I	0.98	1.10	1.13	6.5	284	426	102	33	33	35	38	41	30	29	0.063	57	85	102								
10.00	39	--	3	0.90	1.12	--	--	--	--	--	37	33	36	38	41	31	30	0.073	65	98	117								

**PROVA PENETROMETRICA STATICA  
TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI**

**CPT 2**

2.010496-075

- committente : Zincatura Nazionale  
- lavoro : Capannone industriale  
- località : Vigonovo  
- note :

- data : 31/03/2014  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 2,00 m da quota inizio  
- pagina : 1

NATURA COESIVA														NATURA GRANULARE													
Prof. m	Rp kg/cm²	Rp/Ri (-)	Natura Litol.	Y t/m³	p'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	e1s (°)	e2s (°)	e3s (°)	e4s (°)	edm (°)	emy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²						
0,20	15	20	2/III	1,85	0,04	0,67	99,9	113	170	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--						
0,40	15	16	2/III	1,85	0,07	0,67	98,0	113	170	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--						
0,60	52	28	4/F	1,85	0,11	1,73	99,9	295	442	156	100	42	43	45	46	44	31	0,258	87	130	156						
0,80	39	117	3/...	1,85	0,15	--	--	--	--	--	88	40	42	43	45	41	30	0,210	65	98	117						
1,00	99	247	3/...	1,85	0,19	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	44	34	0,258	165	248	297						
1,20	13	11	2/III	1,85	0,22	0,60	22,0	103	154	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--						
1,40	13	12	2/III	1,85	0,26	0,60	18,1	103	154	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--						
1,60	45	42	3/...	1,85	0,30	--	--	--	--	--	74	38	40	42	44	39	31	0,172	75	113	135						
1,80	37	40	3/...	1,85	0,33	--	--	--	--	--	65	37	39	41	43	38	30	0,143	62	93	111						
2,00	14	23	2/III	0,94	0,35	0,64	13,2	108	162	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--						
2,20	31	39	3/...	0,88	0,37	--	--	--	--	--	56	36	38	40	42	36	29	0,120	52	78	93						
2,40	20	23	4/F	0,93	0,39	0,80	15,5	136	204	60	40	34	36	39	41	33	27	0,079	33	50	60						
2,60	26	24	4/F	0,94	0,41	0,93	17,6	158	237	78	48	35	37	39	42	34	28	0,098	43	65	78						
2,80	25	19	4/F	0,94	0,43	0,91	16,2	155	232	75	45	34	37	39	42	34	25	0,092	42	63	75						
3,00	54	31	3/...	0,92	0,44	--	--	--	--	--	71	38	40	42	44	38	31	0,161	90	135	162						
3,20	58	40	3/...	0,93	0,46	--	--	--	--	--	72	38	40	42	44	38	31	0,165	97	145	174						
3,40	60	39	3/...	0,93	0,48	--	--	--	--	--	72	38	40	42	44	38	32	0,166	100	150	180						
3,60	38	21	4/F	0,99	0,50	1,27	20,0	215	323	114	56	36	38	40	42	35	30	0,118	63	95	114						
3,80	23	14	4/F	0,94	0,52	0,87	11,9	148	221	69	37	33	36	38	41	32	28	0,074	38	58	69						
4,00	39	42	3/...	0,90	0,54	--	--	--	--	--	55	36	38	40	42	35	30	0,116	65	98	117						
4,20	39	16	4/F	1,00	0,56	1,30	18,1	221	332	117	54	36	38	40	42	35	30	0,114	65	98	117						
4,40	32	22	4/F	0,97	0,58	1,07	13,5	181	272	96	46	34	37	39	42	34	29	0,095	53	80	96						
4,60	53	33	3/...	0,92	0,60	--	--	--	--	--	63	37	39	41	43	36	31	0,138	88	133	159						
4,80	67	37	3/...	0,95	0,61	--	--	--	--	--	70	38	40	42	44	37	32	0,159	112	168	201						
5,00	54	34	3/...	0,92	0,63	--	--	--	--	--	62	37	39	41	43	36	31	0,136	90	135	162						
5,20	85	75	3/...	0,98	0,65	--	--	--	--	--	77	39	40	42	44	38	33	0,180	142	213	255						
5,40	43	34	3/...	0,91	0,67	--	--	--	--	--	53	35	38	40	42	34	30	0,111	72	108	129						
5,60	36	77	3/...	0,89	0,69	--	--	--	--	--	46	34	37	39	42	33	30	0,094	60	90	108						
5,80	30	50	3/...	0,88	0,71	--	--	--	--	--	39	33	36	38	41	32	29	0,078	50	75	90						
6,00	48	24	4/F	1,01	0,73	1,60	16,9	272	408	144	55	36	38	40	42	35	31	0,116	80	120	144						
6,20	31	52	3/...	0,89	0,74	--	--	--	--	--	39	33	36	38	41	32	29	0,077	52	78	93						
6,40	71	59	3/...	0,95	0,76	--	--	--	--	--	67	37	39	41	43	37	32	0,150	118	178	213						
6,60	98	67	3/...	1,00	0,78	--	--	--	--	--	77	39	41	42	44	38	34	0,181	163	245	294						
6,80	57	28	4/F	1,01	0,80	1,90	18,4	323	485	171	58	38	38	40	43	35	31	0,125	95	143	171						
7,00	134	87	3/...	1,05	0,82	--	--	--	--	--	87	40	42	43	45	39	35	0,212	223	335	402						
7,20	86	35	3/...	0,98	0,84	--	--	--	--	--	71	38	40	42	44	37	33	0,162	143	215	258						
7,40	101	56	3/...	1,00	0,86	--	--	--	--	--	76	39	40	42	44	38	34	0,177	168	253	303						
7,60	81	87	3/...	0,97	0,88	--	--	--	--	--	68	37	39	41	43	37	33	0,153	135	203	243						
7,80	39	34	3/...	0,90	0,90	--	--	--	--	--	42	34	36	39	41	32	30	0,085	65	98	117						
8,00	10	19	2/III	0,90	0,92	0,50	2,9	249	374	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--						
8,20	15	45	4/F	0,89	0,94	0,57	4,1	261	392	50	8	29	32	35	39	27	27	0,018	25	38	45						
8,40	16	27	2/III	0,98	0,96	0,70	4,2	267	400	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--						
8,60	17	28	2/III	0,97	0,98	0,72	4,3	272	409	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--						
8,80	20	16	4/F	0,93	0,99	0,80	4,8	276	414	60	17	30	33	36	39	28	27	0,032	33	50	60						
9,00	20	19	4/F	0,93	1,01	0,80	4,7	282	422	60	16	30	33	36	39	28	27	0,031	33	50	60						
9,20	58	48	3/...	0,93	1,03	--	--	--	--	--	53	35	38	40	42	34	31	0,110	97	145	174						
9,40	52	46	3/...	0,92	1,05	--	--	--	--	--	48	35	37	39	42	33	31	0,100	87	130	156						
9,60	35	35	3/...	0,88	1,07	--	--	--	--	--	34	33	35	38	40	31	29	0,067	58	88	105						
9,80	31	31	3/...	0,88	1,08	--	--	--	--	--	30	32	35	38	40	30	29	0,057	52	78	93						
10,00	24	--	4/F	0,94	1,10	0,89	4,8	306	459	72	21	31	34	37	40	28	28	0,039	40	60	72						



## 5.1 Colonna stratigrafica

Sulla base dei risultati puntuali sopra riportati si può ricostruire la seguente colonna stratigrafica schematizzata.

n.	Profondità(m)	Natura
1	0.0 – 1.2	Terreno di riporto
2	1.2 – 1.6	Sabbia mediamente addensata
3	1.6 – 2.8	Argille limose
4	2.8 – 3.8	Sabbie limose
5	3.8 – 4.8	Argille limose
6	4.8 – 7.8	Alternanza di sabbie e sabbie limose
7	7.8 – 10.0	Argille limose e sabbiose

## 6 Capacità portante

In questo paragrafo si vuole determinare la capacità portante del terreno ( $q_{lim,rott}$ ) intesa come quel valore del carico unitario applicato sul piano di fondazione che comporta la rottura del terreno. L'analisi sarà condotta con i metodi classici a rottura dei terreni che non tengono però conto dei cedimenti. Si rimanda al paragrafo seguente la determinazione del carico unitario da applicare al piano di fondazione affinché i cedimenti siano compatibili con la struttura.

### 6.1 Dati delle opere di fondazione

In prima approssimazione si considerano le fondazioni costituite da plinti in calcestruzzo, in corrispondenza dei pilastri, delle dimensioni di 3x3m.

### 6.2 Piano di posa

In linea generale il piano di posa di una fondazione diretta viene fissato tenendo conto della costituzione locale del sottosuolo. In ogni caso, deve avere profondità tale da:

- superare lo strato superficiale di terreno vegetale ed eventuali stratificazioni di detriti, riporti e comunque di terreni con caratteristiche scadenti;
- superare lo strato di terreno soggetto all'azione del gelo o a variazioni stagionali del contenuto d'acqua ;
- mettersi al sicuro dall'azione delle acque superficiali;

Se è presente la falda freatica, è buona norma disporre il piano di posa lontano dalla zona di oscillazione del suo pelo libero, e quindi di alcuni decimetri al di sopra del suo massimo o, meglio, al di sotto del suo minimo livello.

### 6.3 Calcolo della capacità portante

Il calcolo della capacità portante avviene con la nota relazione di Brinch-Hansen ulteriormente modificata con i coefficienti correttivi.

$$q_{lim,rott} = \frac{1}{2} \gamma' B' N_{\gamma} s_{\gamma} i_{\gamma} b_{\gamma} g_{\gamma} + c' N_c s_c d_c i_c b_c g_c + q' N_q s_q d_q i_q b_q g_q \quad (\text{in condizioni drenate})$$

$$q_{lim,rott} = C_u N_c s_c d_c i_c b_c g_c + q \quad (\text{in condizioni non drenate})$$

Si conduce una verifica in condizioni non drenate nei confronti dello strato con caratteristiche meccaniche peggiori:

$$\gamma = 1850 \text{ dN/m}^3$$

$$C_u = 0.3 \text{ dN/cm}^2$$

Essendo lo strato coerente la verifica viene condotta in condizioni non drenate:

**CARATTERISTICHE TERRENO**

			Approccio 1		Approccio 2	
			comb 1	comb 2		
$\beta_1$	=	0°	0	0	0	inclinazione fondazione
$\beta_2$	=	0°	0	0	0	inclinazione piano campagna
$\gamma_1$	=	1850 dN/m <sup>3</sup>	1850	1850	1850	peso terreno sopra il piano della fondazione
$\gamma$	=	1850 dN/m <sup>3</sup>	1850	1850	1850	peso terreno sotto il piano della fondazione
c	=	0.30 dN/cm <sup>2</sup>	0.30	0.24	0.30	coesione c'
$\varphi$	=	0°	0.0001	0	0.0001	attrito interno terreno sottostante la fondazione
Zw	=	100 cm	100	100	100	profondità falda

**GEOMETRIA FONDAZIONE**

B	=	300 cm	lato fondazione
L	=	300 cm	lunghezza fondazione
D	=	150 cm	profondità di posa

**FONDAZIONE RIDOTTA A CAUSA DELL'ECCENTRICITA' DEL CARICO**

eb=	0 cm	---->	B'=	300 cm
el=	0 cm	---->	L'=	300 cm

**COEFFICIENTI FORMULA DI BRINCH-HANSEN**

		Approccio 1		Approccio 2	
		combinazione 1	combinazione 2		
q	=	0.23	0.23	0.23	dN/cm <sup>2</sup> sovraccarico alla profondità D
Nq	=	1.00	1.00	1.00	coefficienti di capacità portante
Nc	=	5.14	6.43	5.14	
Ng	=	0.00	0.00	0.00	fattori di forma
sc	=	1.19	1.19	1.19	
sq	=	1.00	1.00	1.00	fattori inclinazione carico
sg	=	0.60	0.60	0.60	
ri	=	1.50	1.50	1.50	fattori inclinazione base della fondazione
iq	=	1.00	1.00	1.00	
ic	=	1.00	1.00	1.00	fattori inclinazione piano d'appoggio
ig	=	1.00	1.00	1.00	
dq	=	1.00	1.00	1.00	fattori inclinazione piano campagna
dc	=	1.19	1.24	1.19	
dg	=	1.00	1.00	1.00	
bq	=	1	1	1	
bc	=	1	1	1	
bg	=	1	1	1	
gq	=	1	1	1	
gc	=	1	1	1	
gg	=	1	1	1	

**CARICO LIMITE**

**APPROCCIO 1**

**combinazione 1 A1+M1+R1**

qlim	=	2.43 dN/cm <sup>2</sup>	$\gamma_R = 1$	qd =	2.43 dN/cm <sup>2</sup>	tensione massima di progetto
------	---	-------------------------	----------------	------	-------------------------	------------------------------

**combinazione 2 A2+M2+R2**

qlim	=	2.52 dN/cm <sup>2</sup>	$\gamma_R = 1.8$	qd =	1.40 dN/cm <sup>2</sup>	tensione massima di progetto
------	---	-------------------------	------------------	------	-------------------------	------------------------------

**APPROCCIO 2 A1+M1+R3**

qlim	=	2.43 dN/cm <sup>2</sup>	$\gamma_R = 2.3$	qd =	1.06 dN/cm <sup>2</sup>	tensione massima di progetto
------	---	-------------------------	------------------	------	-------------------------	------------------------------

**TENSIONI AMMISSIBILI**

qlim	=	2.43 dN/cm <sup>2</sup>	COEFF SICUREZZA =	3	$\delta_{amm} =$	0.81 dN/cm <sup>2</sup>	tensione massima ammissibile
------	---	-------------------------	-------------------	---	------------------	-------------------------	------------------------------

## **7 Analisi di tipo elastico**

---

### **7.1 Generalità**

I cedimenti di una fondazione possono essere provocati da molteplici cause, quali:

1. deformazioni del terreno di fondazione sotto l'azione di carichi applicati alla fondazione stessa o a strutture circostanti;
2. abbassamenti della falda, o più in generale variazioni del regime delle pressioni neutre del sottosuolo;
3. vibrazioni indotte (esplosioni, terremoti, infissioni di pali battuti, operazioni con macchinari pesanti specie in terreni incoerenti)
4. Scavi eseguiti in prossimità della fondazione
5. Saturazione di terreni collassabili, erosioni sotterranee, cicli di contrazione e rigonfiamento delle argille espansive.

Il calcolo dei cedimenti, si articola in genere nelle seguenti fasi:

- 1 calcolo delle tensioni litostatiche e degli incrementi di tensione indotte nel sottosuolo dai carichi;
- 2 determinazione sperimentale delle caratteristiche tensione-deformazione-tempo dei vari terreni presenti nel sottosuolo e scelta dei valori rappresentativi;
- 3 calcolo delle deformazioni unitarie e loro integrazione
- 4 calcolo del decorso nel tempo dei cedimenti

Le fasi si ritrovano, in pratica, solo per i terreni coesivi per i quali è possibile il prelievo di campioni indisturbati e l'esecuzione di prove di laboratorio. Per i terreni incoerenti si ricorre in genere a procedimenti empirici, basati su sperimentazioni in sito; viene inoltre a cadere, o a perdere grandemente importanza, il problema del decorso nel tempo.

Da quanto detto appare evidente che la prova penetrometrica statica può, attraverso correlazioni tra resistenze e parametri di deformazione, fornire soltanto una indicazione sui cedimenti dovendo ricorrere ad un campionamento e ad una prova edometrica per una stima più precisa.

### **7.2 Tensione massima applicabile al piano di imposta e calcolo dei cedimenti**

Prefissato lo spessore  $H_c$  del banco comprimibile (entro il quale condurre le valutazioni della capacità portante e dei cedimenti), viene condotta la verifica allo schiacciamento dei diversi strati di sottosuolo (spessore 20 cm) nei confronti delle tensioni verticali indotte dal carico agente in superficie e valutate secondo la teoria dell'elasticità (Boussinesq).

La pressione ammissibile del terreno di fondazione  $q_{amm}$  è quel valore del carico unitario (inteso come incremento netto di pressione in corrispondenza del piano di posa della fondazione) che determina nel sottosuolo tensioni verticali massime  $R_{amm}$  dei vari strati del banco comprimibile.

La resistenza allo schiacciamento  $R_{amm}$  del generico strato di spessore 20 cm viene valutata mediante correlazioni del tipo:



$$R_{amm} = R_p / K \quad (K \text{ funzione di } R_p)$$

Le ipotesi sono:

- consolidazione monodimensionale;
- tensioni verticali nel sottosuolo secondo la teoria dell'elasticità (Boussinesq);
- valutazione dei cedimenti nell'ambito della profondità  $H_c$  del banco comprimibile;
- modulo edometrico valutato in base alla natura litologica.

Il calcolo dei cedimenti viene condotto per strati successivi (spessore 20cm) valutando per ciascuno strato la tensione verticale  $\sigma_v$  e il modulo edometrico  $M_o$ .

Fondazione a platea,

Piano di posa: 1.6m di profondità

Tensione massima calcolata allo SLE (Stato Limite Di Esercizio)

sul piano di posa per un cedimento compatibile con la tipologia strutturale: 1 dN/cm<sup>2</sup>

Cedimento massimo accettabile del piano di posa: circa 5 cm

## **8 Considerazioni sulla sismicità**

---

### **8.1 Determinazione del Vs 30**

Sul terreno si è eseguita una indagine sismica passiva a stazione singola costituita da una misura di microtremore sismico ambientale. La strumentazione impiegata è un tomografo digitale progettato specificatamente per l'acquisizione del rumore sismico con tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente.

### **TOMBELLE DI VIGONOV, VIA TONIOLO**

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Trace length: 0h13'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling frequency: 128 Hz

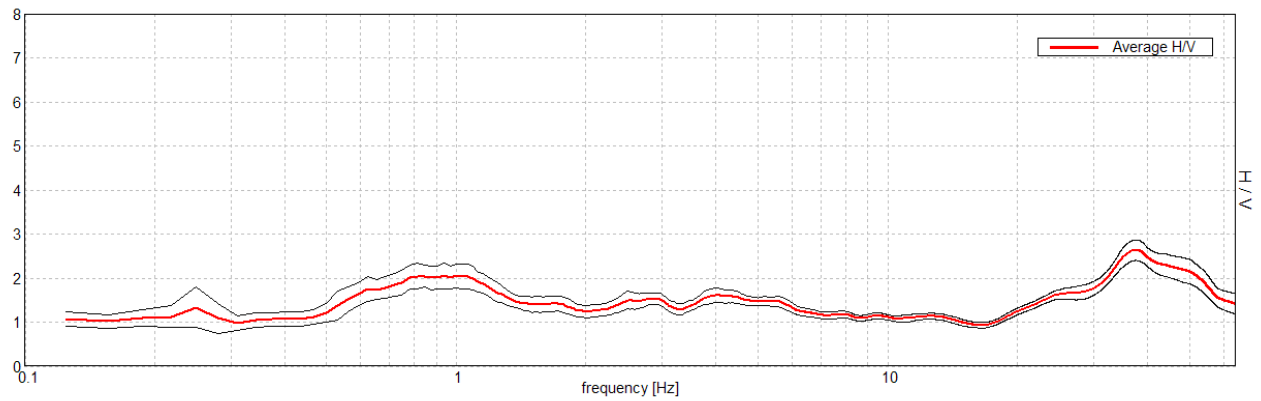
Window size: 20 s

Smoothing window: Triangular window

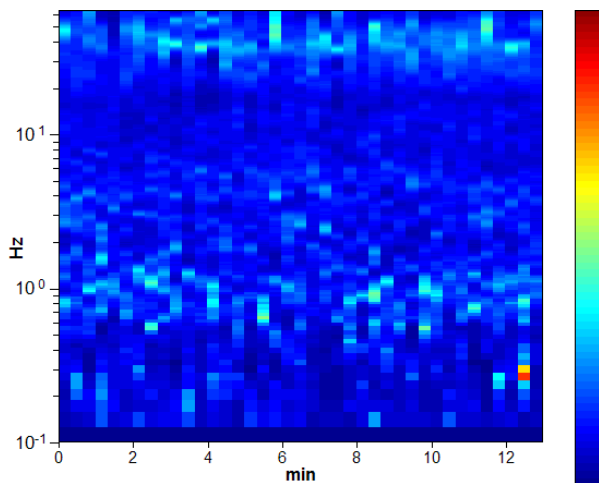
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

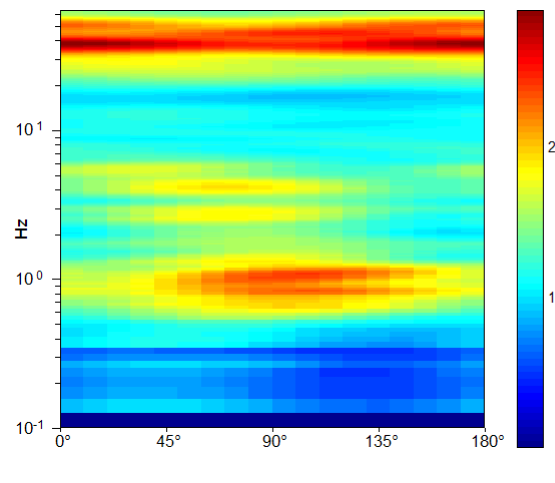
Max. H/V at  $37.47 \pm 3.53$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



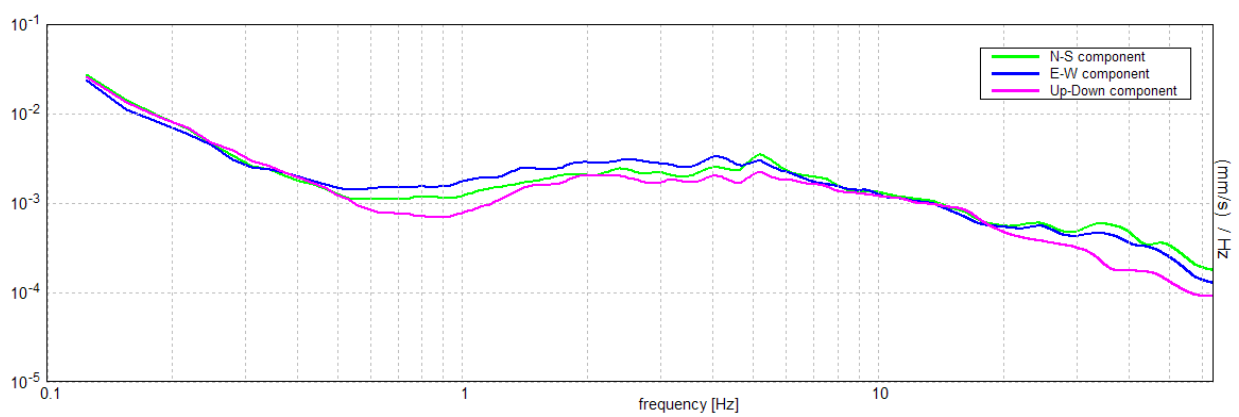
### H/V TIME HISTORY



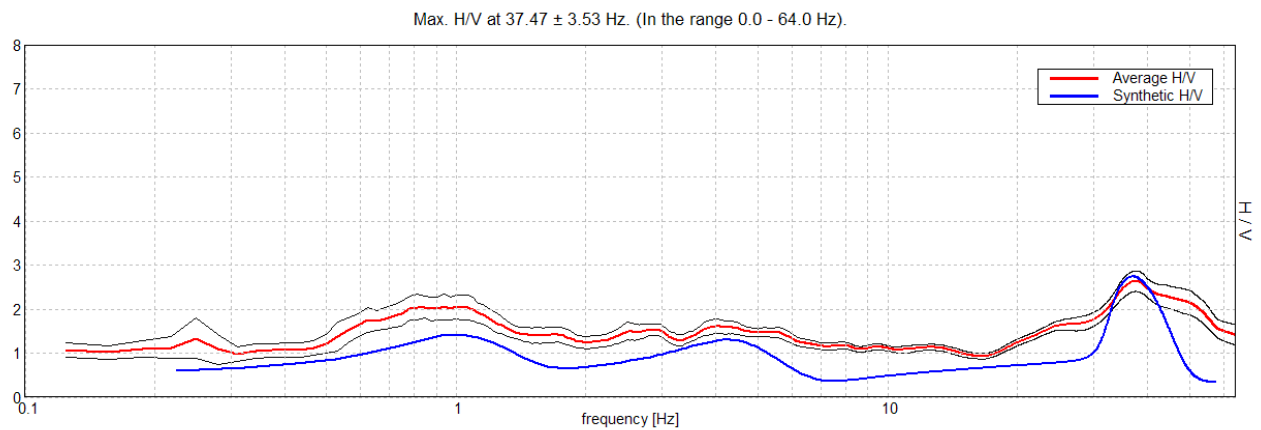
### DIRECTIONAL H/V



### SINGLE COMPONENT SPECTRA

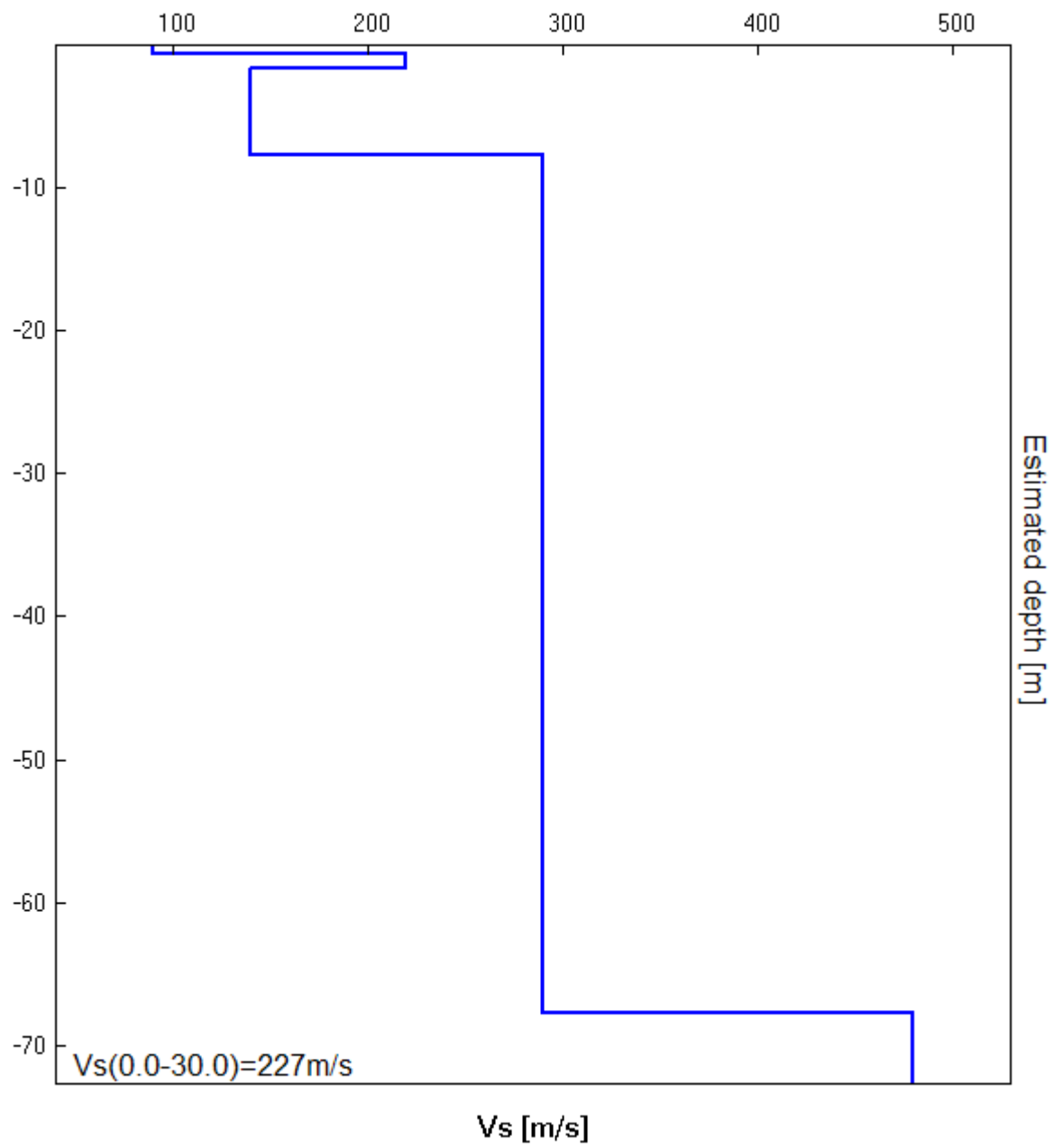


## EXPERIMENTAL VS. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.70	0.70	90	0.35
1.70	1.00	220	0.35
7.70	6.00	140	0.35
67.70	60.00	290	0.35
inf.	inf.	480	0.35

$V_s(0.0-30.0)=227\text{m/s}$





[According to the Sesame, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

**Max. H/V at 37.47 ± 3.53 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteria for a reliable HVSR curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	37.47 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	29225.6 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 1450 times	OK	

**Criteria for a clear HVSR peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	20.844 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	2.64 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.0459  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1.71999 < 1.87344	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.1142 < 1.58	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

**Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$**

Freq.range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
Log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

**Sulla base delle Vs30 sopra indicata il sito può essere classificato come categoria “C”.**

Categoria	Descrizione
<b>A</b>	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
<b>B</b>	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>C</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>D</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ 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).
<b>E</b>	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

## 9 Conclusioni

Per caratterizzare meccanicamente il terreno dove verrà realizzato un fabbricato industriale è stata condotta una campagna di indagini geognostiche costituita da n° 2 prove penetrometriche statiche CPT . Per la classificazione sismica del sito si è proceduto con il rilievo del microtremore sismico mediante geofono digitale con tecnica passiva in ottemperanza alla normativa vigente (NTC 2008). Per la valutazione della capacità portante del terreno si sono utilizzate due teorie, una a rottura ed una elastica che hanno considerato in prima approssimazione le fondazioni costituite da plinti in calcestruzzo.

Per quanto riguarda la capacità portante del terreno, può essere valutata pari a  $1 \text{ kg/cm}^2$  allo SLU GEO.

Per la valutazione dei cedimenti, ad un carico applicato al piano di fondazione pari a  $1 \text{ dN/cm}^2$  allo SLE in combinazione rara sarà associato un cedimento pari a circa 5 cm.

Riassumendo:

Tipo di verifica	Stato limite	Valore
Cedimenti	SLE in combinazione rara considerando un cedimento massimo di 5cm	$1.0 \text{ daN/cm}^2$
Capacità portante	SLU GEO approccio 1	$2,4 \text{ daN/cm}^2$
Capacità portante	SLU GEO approccio 2	$1,4 \text{ daN/cm}^2$
Capacità portante	TENSIONI AMISSIBILI	$0.9 \text{ daN/cm}^2$

Padova, lì 29.01.2014

Ing. Alberto Perli



Ing. Gianluca Favaro

