

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**DIREZIONE TECNICA**  
**U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale**

**MIGLIORAMENTO SISMICO E OPERE DI COMPLETAMENTO DEI VIADOTTI ESISTENTI DELLA LINEA FERRANDINA - MATERA**

**GEOTECNICA**

*Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni VI01*

SCALA:

-
---

COMMESSA    LOTTO    FASE    ENTE    TIPO DOC.    OPERA/DISCIPLINA    PROGR.    REV.

I	A	5	F	0	3	D	0	9	G	E	V	I	0	1	0	0	0	0	1	A
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	S.Gasperoni	Aprile 2019	M.E.D'Effremo	Aprile 2019	F. Gernone	Aprile 2019	A. Vittozzi Aprile 2019
								<small>ITALFERR S.p.A. U.O. Opere Civili, Gestione delle varianti Dist. Imp. S. Maria Vittoria C/da degli Impianti 1001, Prov. di Roma N° 123778</small>

Relazione geotecnica e di calcolo fondazioni VI01	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENT	REV.	FOGLIO
	IA5F	03	D09 GE	VI01 00001	A	2 di 58

## INDICE

1. PREMESSA .....	3
2. NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	4
2.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	4
2.2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	4
3. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	5
3.1 INDAGINI GEOTECNICHE ESEGUITE.....	5
3.2 STRATIGRAFIA .....	6
3.3 SINTESI DEI PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO.....	7
3.4 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO .....	15
4. PALIFICATE DI FONDAZIONE .....	17
4.1 CAPACITÀ PORTANTE DEI PALI.....	17
4.1.1 <i>Stratigrafia e parametri geotecnici di calcolo</i> .....	17
4.1.2 <i>Calcolo della capacità portante</i> .....	18
4.2 MODULO DI REAZIONE ORIZZONTALE DEL TERRENO .....	24
4.3 PARAMETRO $A_M$ E ANDAMENTO DEL MOMENTO LUNGO IL PALO.....	25
4.4 CARICO LIMITE ORIZZONTALE DEI PALI.....	26
5. VERIFICA RISCHIO POTENZIALE LIQUEFAZIONE DEI TERRENI .....	28
6. APPENDICE A: VALUTAZIONE DELLA CAPACITÀ PORTANTE DEI PALI. TABULATI DI CALCOLO PAL ..	30
6.1 STRATIGRAFIA 1 - PALO D=1200 MM – P19.....	30
6.2 STRATIGRAFIA 2 - PALO D=1200 MM – P34.....	38
6.3 STRATIGRAFIA 3 - PALO D=1200 MM – P36.....	47
7. APPENDICE B: PARAMETRO $A_M$ PER MOMENTO LUNGO IL PALO. TABULATI DI CALCOLO LPAL .....	57
7.1.1 <i>Stratigrafia 1 - D=1200 mm</i> .....	57
7.1.2 <i>Stratigrafia 2 e 3 - D=1200 mm</i> .....	58

## 1. PREMESSA

Nella presente relazione si riporta la caratterizzazione geotecnica finalizzata alla verifica delle fondazioni del Viadotto esistente Basento VI01 nell'ambito del miglioramento sismico dei viadotti esistenti della linea Ferrandina – Matera..

In particolare verranno affrontati i seguenti aspetti:

- condizioni geotecniche: stratigrafia, parametri geotecnici e falda;
- valutazione della capacità portante verticale dei pali di fondazione;
- definizione del modulo di reazione orizzontale palo-terreno;
- valutazione del parametro alfa (rapporto momento taglio in testa palo nell'ipotesi di rotazione impedita) e andamento del momento e taglio lungo il palo;
- valutazione del carico limite orizzontale dei pali;
- verifica rischio potenziale liquefazione dei terreni.

Tutte le analisi svolte nel seguito sono eseguite in conformità alla normativa italiana vigente sulle opere civili (DM 17/01/2018).

## 2. **NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO**

### 2.1 **Normativa di riferimento**

[N.1]. Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18 (NTC-2018);

[N.2]. DM 6/5/2008 – Integrazione al D.M. 14-01-2008 di approvazione delle nuove Norme tecniche per le costruzioni;

[N.3]. Specifica RFI del 21/12/11 per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie.

### 2.2 **Documenti di riferimento**

[DC1]. IA5F03D09RHVI0000001A – Relazione sui criteri di calcolo delle fondazioni;

[DC2]. IA5F03D09RGVI0000001A – Relazione descrittiva sulle fondazioni.

[DC3]. B1. Linea Ferrandina – Matera Centrale. Relazione geologica geotecnica idrogeologica sugli studi per la scelta del tracciato e per il progetto definitivo. Dicembre, 1984.

[DC4]. B2. Linea Ferrandina – Matera Centrale. Planimetria ubicazione tracciati ed indagini. Dicembre, 1984.

[DC5]. B5.1. Linea Ferrandina – Matera Centrale. Stratigrafie dei sondaggi A. Dicembre, 1984.

[DC6]. B5.2. Linea Ferrandina – Matera Centrale. Stratigrafie dei sondaggi S. Dicembre, 1984.

[DC7]. B6.1 e B6.2. Linea Ferrandina – Matera Centrale. Profilo geologico del tracciato definitivo Tav. 1 e Tav. 2. Dicembre, 1984.

### 3. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Nel presente capitolo si riporta la caratterizzazione geotecnica per il viadotto in esame, valutata sulla base dell'interpretazione delle indagini geotecniche svolte in prossimità dell'opera. In generale lungo la linea Ferrandina – Matera sono disponibili le indagini del progetto del 1984 e le nuove indagini integrative eseguite per il presente progetto del 2018/2019

#### 3.1 Indagini geotecniche eseguite

L'opera in esame è ubicata tra le progressive km 0+697.174 e km 1+904.581.

In corrispondenza dell'opera sono disponibili anche sondaggi della campagna pregressa (1984): A1, A2, AII, A4. Inoltre sono state eseguite le indagini integrative nel 2018/2019 elencate nella seguente tabella. In particolare si osserva che:

- S1\_DH\_50 è stato appositamente eseguito in corrispondenza dell'opera (pila P19) ed allo stesso modo i sondaggi S\_CH\_VI01\_pila 34 e S\_CH\_VI01\_pila 36, mentre il sondaggio S1\_PZ\_30 è ubicato prima dell'inizio del viadotto, lato Ferrandina.
- S4, S5, S6, sono sondaggi appositamente eseguiti per la progettazione del nuovo viadotto Basento 1, ubicato circa parallelamente al viadotto in oggetto e sono presi a riferimento per individuare lo spessore delle alluvioni sabbiose/ghiaiose.

Sondaggi / Indagini sismiche	Profondità [m]	Quota boccaforo [m] s.l.m.	n. campioni indisturbati	n. campioni rimaneggiati	N. prove SPT	n. prove Lefranc /Lugeon	n. prove pressiometriche	n. prove dilatometriche	Piezometro TA; CC / Prova DH/CH
S1_DH_50	50.0	77.630	5	0	8	2	1	-	DH [50]
S_CH_VI01_pila 34	42.0		-	-	8	-	-	-	CH
S_CH_VI01_pila 36	42.0		-	-	8	-	-	-	CH
S1_PZ_30	30.0	78.186	4	0	9	2	1	-	TA[3;12]
S4	50.0	80.240	6	1	9	1	-	-	-
S5	50.0	82.210	7	1	10	1	-	-	-
S6	50.0	87.930	5	-	9	1	-	-	TA[9;18]
MASW1	-	-	-	-	-	-	-	-	-

DH [m]: prova Down Hole [profondità prova]

TA [m]: piezometro a tubo aperto [profondità tratto filtrante]

Il piezometro installato nel foro di sondaggio S1\_PZ\_30 indica un livello di falda massimo a quota +71.3 m s.l.m., a profondità di 7m da p.c., nel piezometro S6 il livello massimo è a quota +76.2 m s.l.m., 11.75 m di profondità dal p.c.. Negli altri sondaggi S4, S5 il livello di acqua in fase perforazione sondaggio è segnalata a profondità rispettivamente di 5.75m, 7.75m.

I parametri geotecnici sono stati dedotti dalle prove in sito disponibili e dai risultati delle prove di laboratorio eseguite sulle unità geotecniche di tutti i sondaggi del tracciato in esame.

### 3.2 Stratigrafia

I sondaggi hanno consentito di ricostruire la stratigrafia, evidenziando la presenza di una copertura di alluvioni incoerenti, prevalentemente grossolane ghiaioso sabbiose (unità a2) ed anche sabbioso limose (unità a2S) nella parte finale del viadotto con spessori da 6.5 a 17.5 m dal p.c. ed a seguire le argille limose e argilloso marnose da molto consistenti a dure dell'unità ASP (Argille subappennine) fino alla massima profondità investigata di 50.0 m.

Il livello di falda massimo rilevato dai piezometri varia da 3 a 12 m di profondità dal p.c. in funzione dell'andamento del p.c. locale.

Di seguito si riporta uno stralcio del profilo geologico nuovo ricostruito sulla base di tutte le indagini dell'area e del profilo geologico del 1984 (Figura 2) con ubicazione dei sondaggi A1, A2, AII, A3, A4.

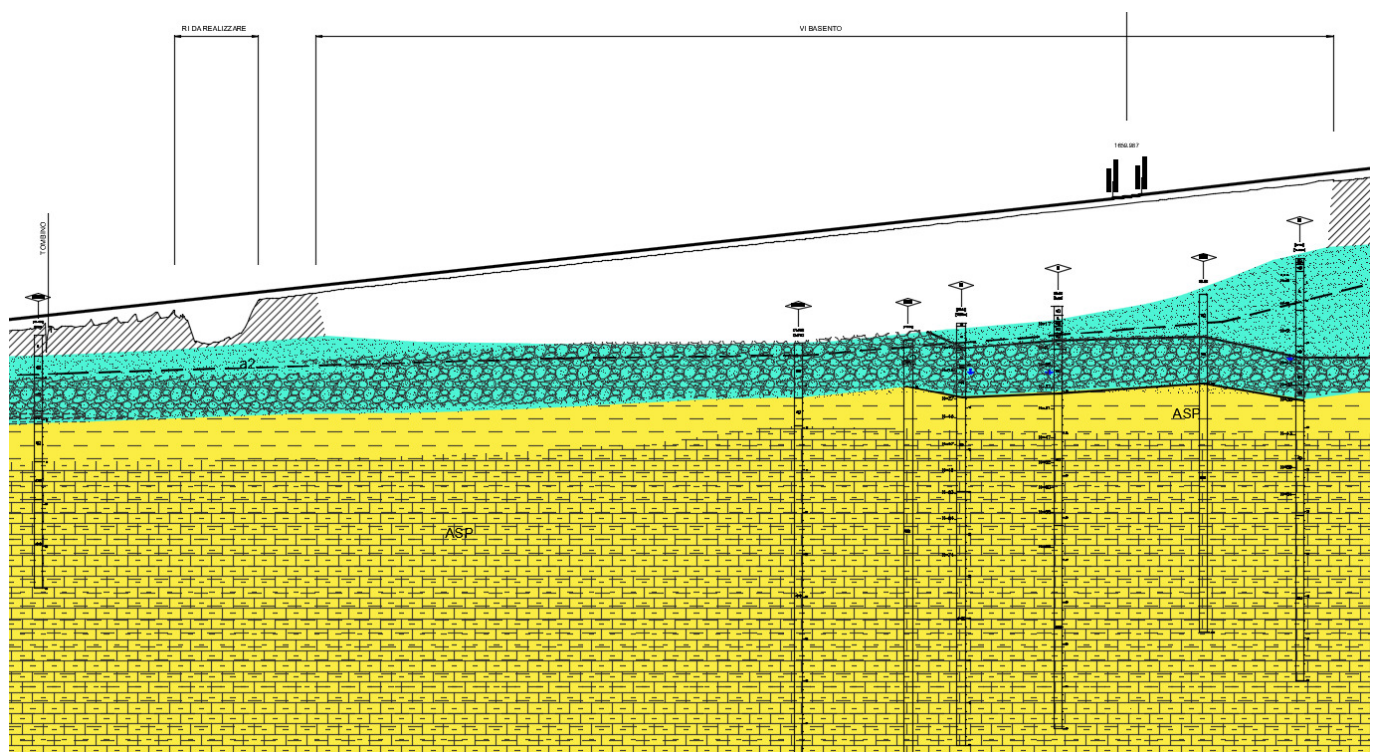


Figura 1 – Profilo geologico

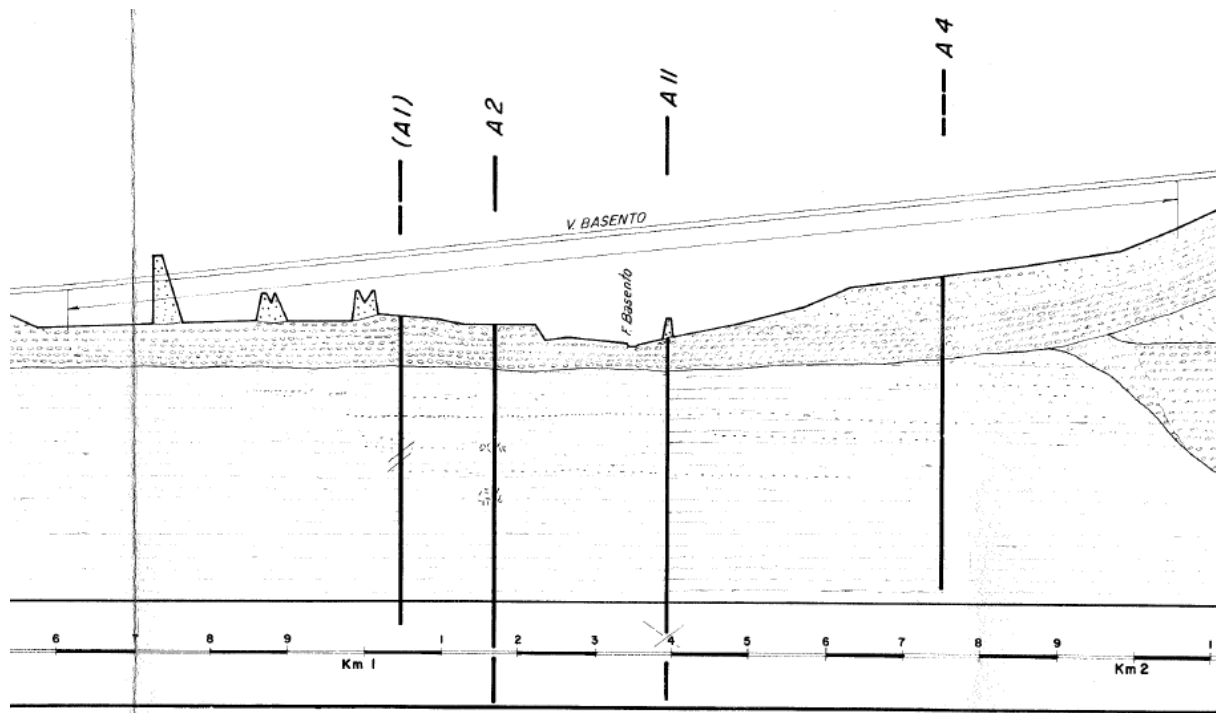


Figura 2 – Profilo geologico 1984

### 3.3 Sintesi dei parametri geotecnici di progetto

Nelle figure seguenti si riportano i principali risultati delle indagini eseguite per la definizione dei parametri geotecnici di progetto.

Per l'unità ASP i parametri di resistenza in condizioni drenate vengono definiti considerando i risultati delle prove di laboratorio eseguite sull'unità geotecnica di tutti i sondaggi del tracciato in esame.

Nella seguente tabella si riassumono i parametri geotecnici di progetto per le unità intercettate.

#### Unità a2 e a2S – Alluvioni incoerenti

$\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 32 \div 34^\circ$	angolo di resistenza al taglio per sabbie (unità a2S)
$\varphi' = 35 \div 40^\circ$	angolo di resistenza al taglio per ghiaie sabbiose (unità a2)
$V_s = 250 \div 280 \text{ m/s}$	velocità delle onde di taglio
$G_o = 30 \div 200 \text{ MPa}$	modulo di deformazione a taglio iniziale
$E_o = G_o \cdot 2 \cdot (1+\nu)$	modulo di deformazione elastico iniziale

#### Unità ASP – Argille subappennine

$$\gamma = 19.0 \div 19.5 \text{ kN/m}^3$$

peso di volume naturale

$$c' = 20 \div 25 \text{ kPa}$$

coesione drenata

$$\varphi' = 23 \div 25^\circ$$

angolo di resistenza al taglio

$$c_u = 150 \div 400 \text{ kPa}$$

resistenza al taglio in condizioni non drenate

$$V_s = 350 \div 420 \text{ m/s}$$

velocità delle onde di taglio

$$G_o = 60 \div 350 \text{ MPa}$$

modulo di deformazione a taglio iniziale

$$E_o = G_o \cdot 2 \cdot (1 + \nu)$$

modulo di deformazione elastico iniziale



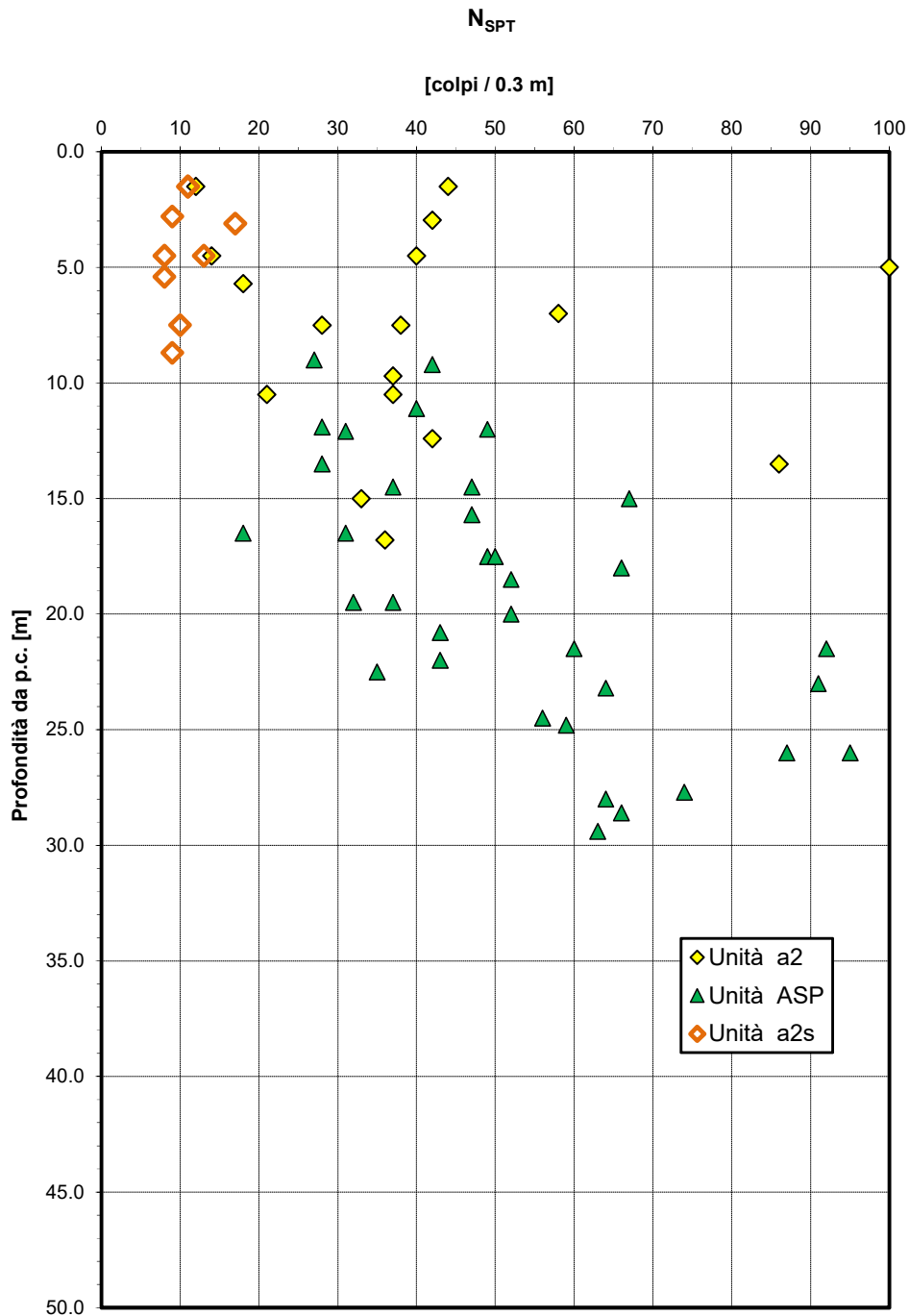


Figura 3 – Valori di  $N_{SPT}$

Densità relativa da prove SPT

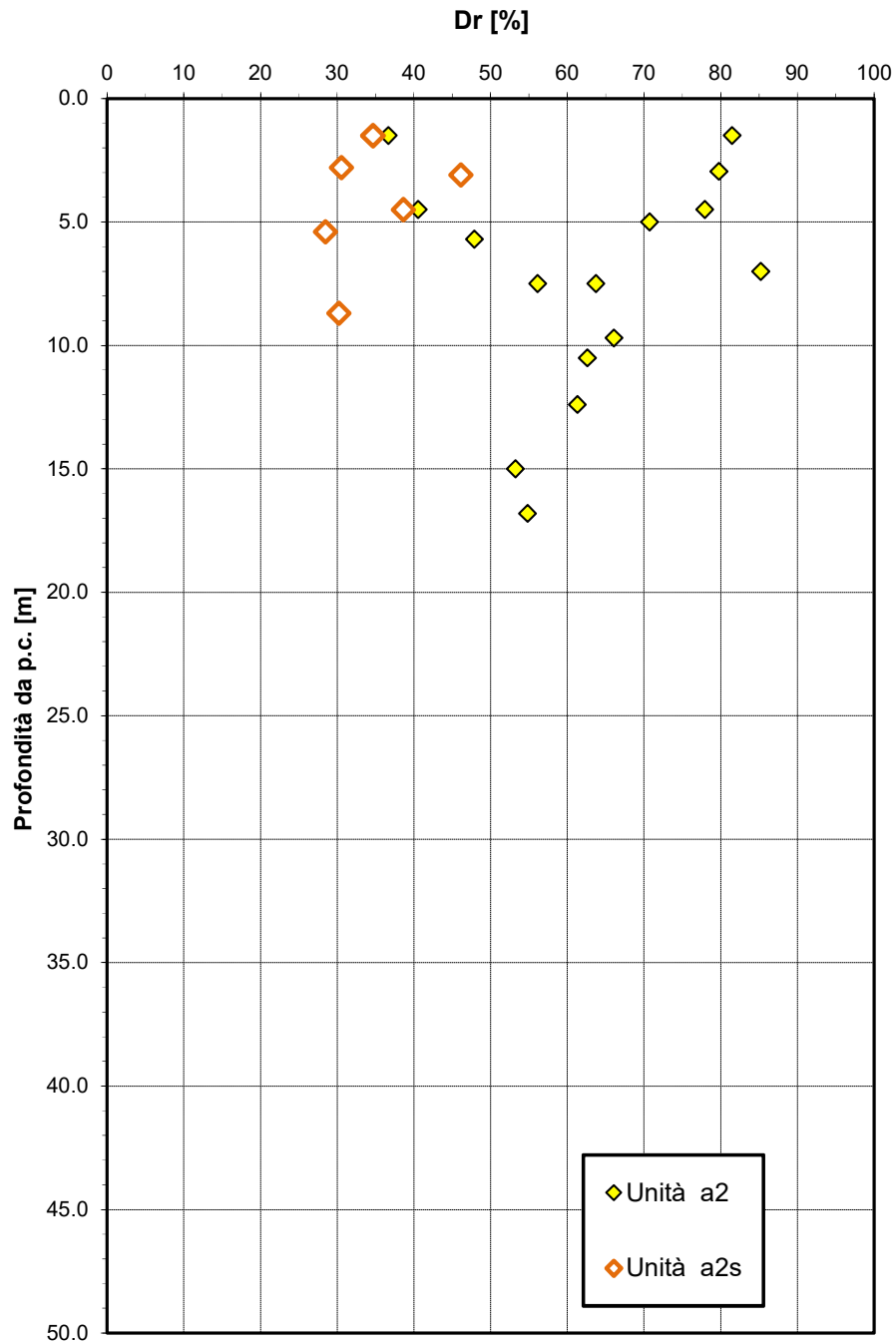


Figura 4 – Densità relativa da prove SPT

### Angolo di resistenza al taglio da prove SPT

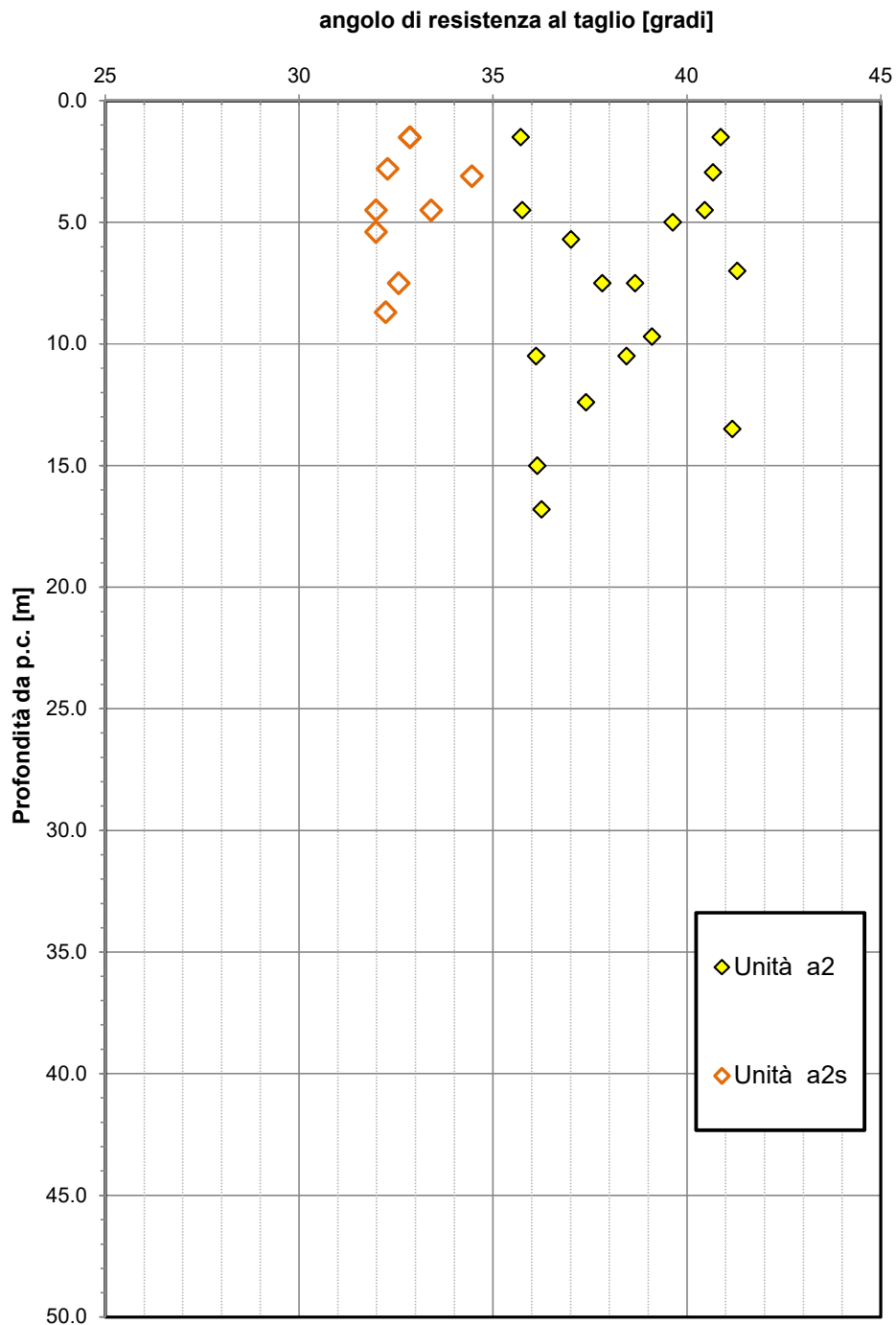
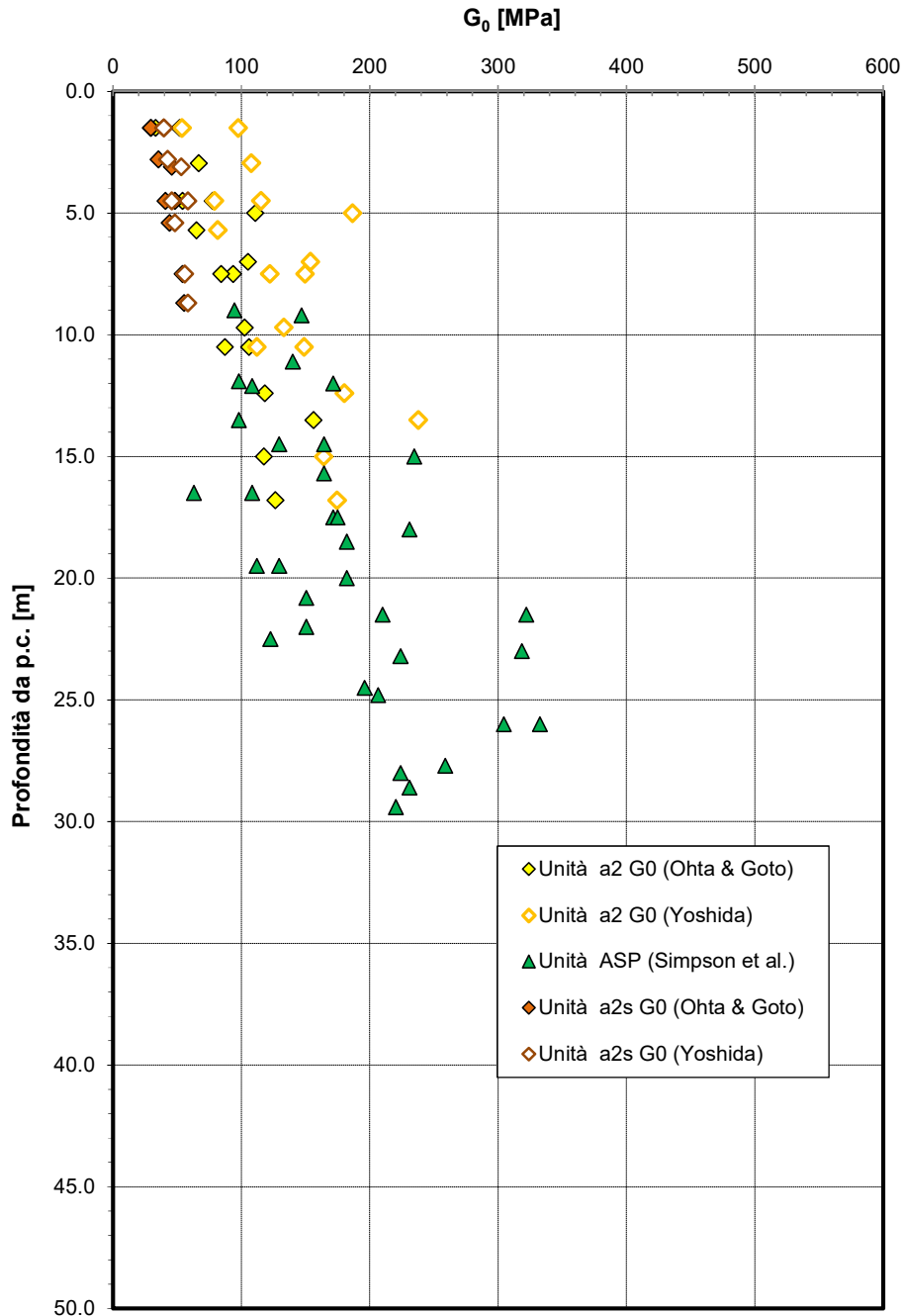


Figura 5 – Angolo di resistenza al taglio da prove SPT



**Figura 6 – Modulo di deformazione a taglio iniziale da prove SPT**

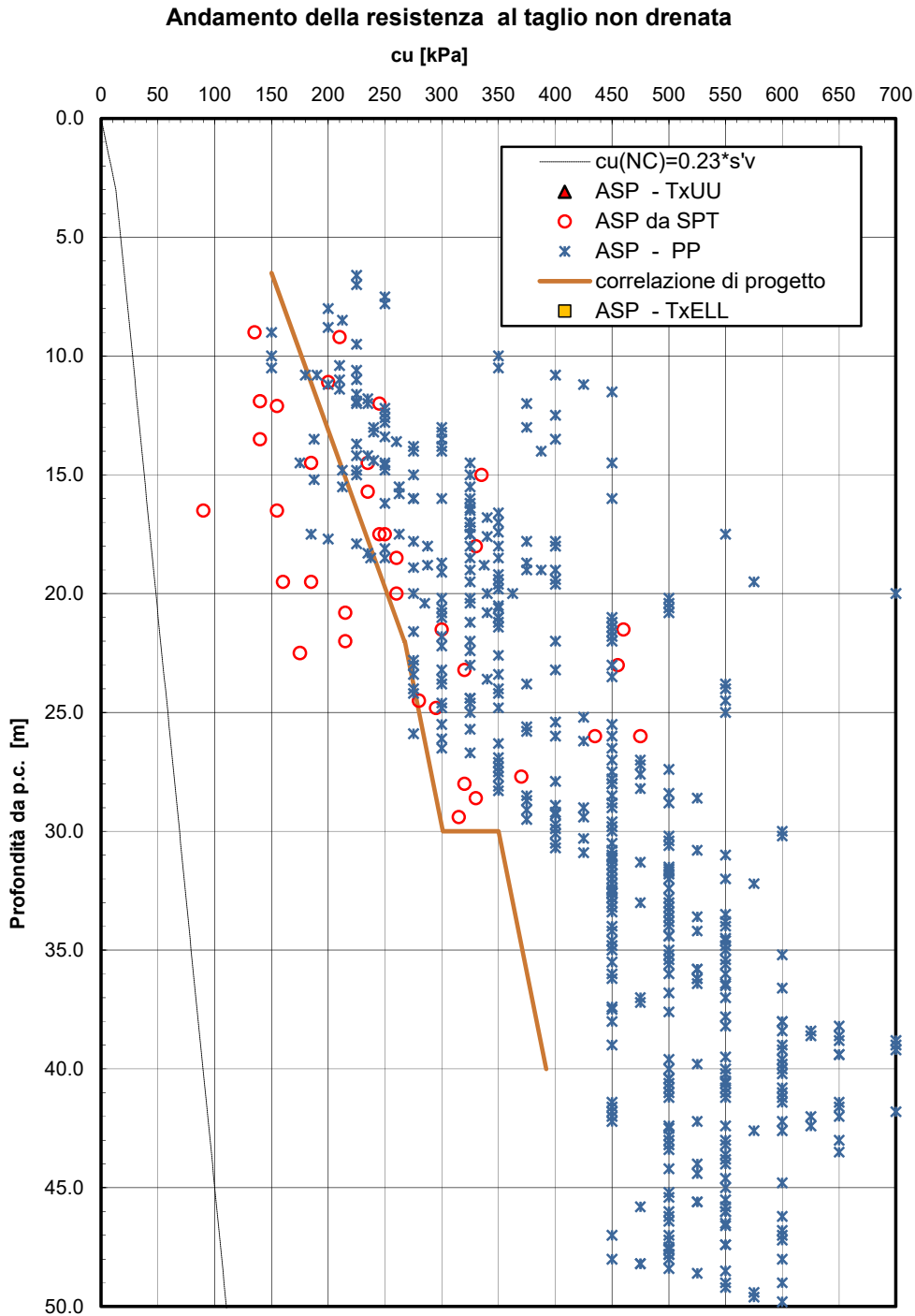


Figura 7 – Resistenza al taglio in condizioni non drenate

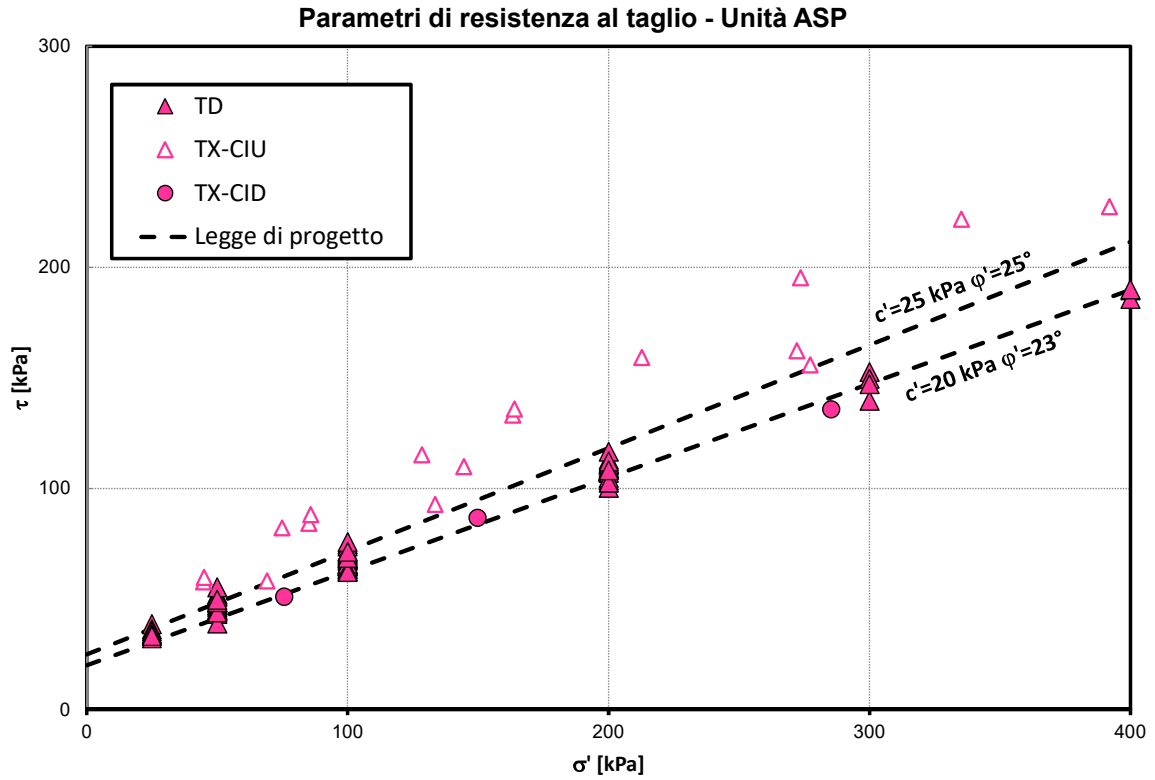


Figura 8 – Parametri di resistenza

### 3.4 Categoria di sottosuolo

Dall'indagine sismica Down-Hole (S1\_DH\_50) e dall'indagine sismica Masw1, si definisce una categoria di sottosuolo sismica di tipo C, con valori di  $V_{s,eq}$  rispettivamente di 322 m/s e 348 m/s (vedasi tabelle seguenti).

Tabella 1 – Masw1

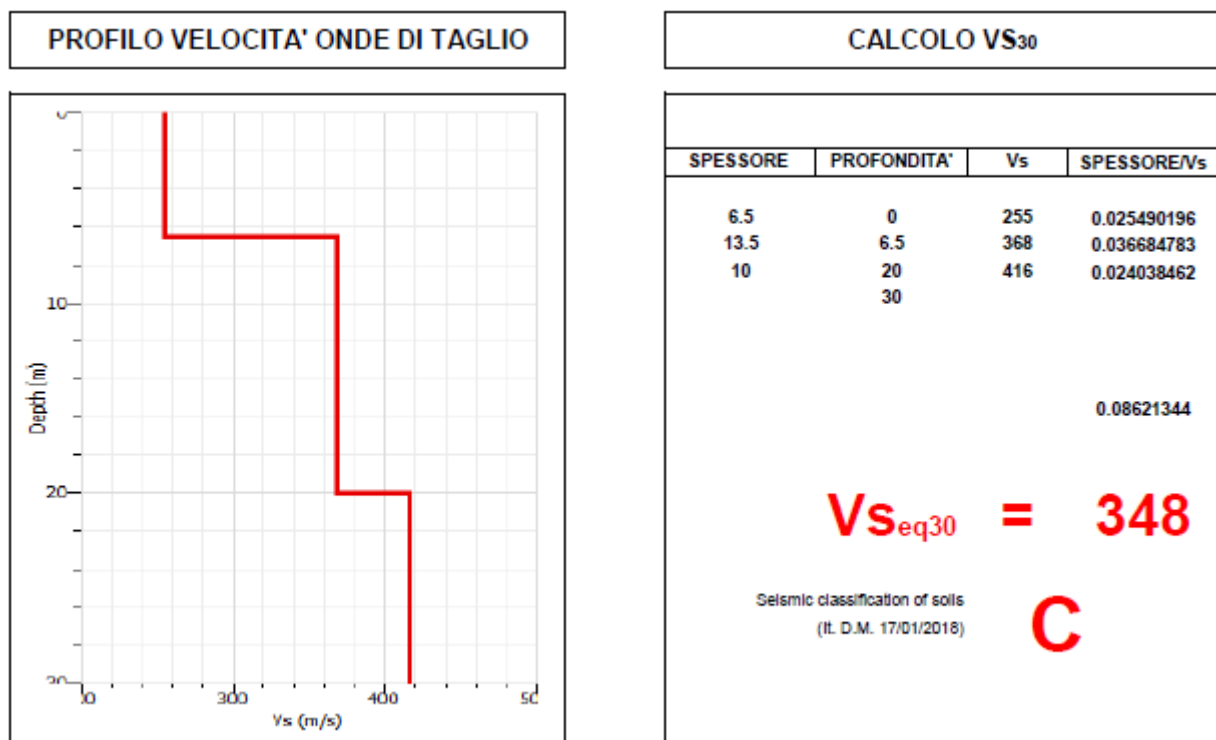
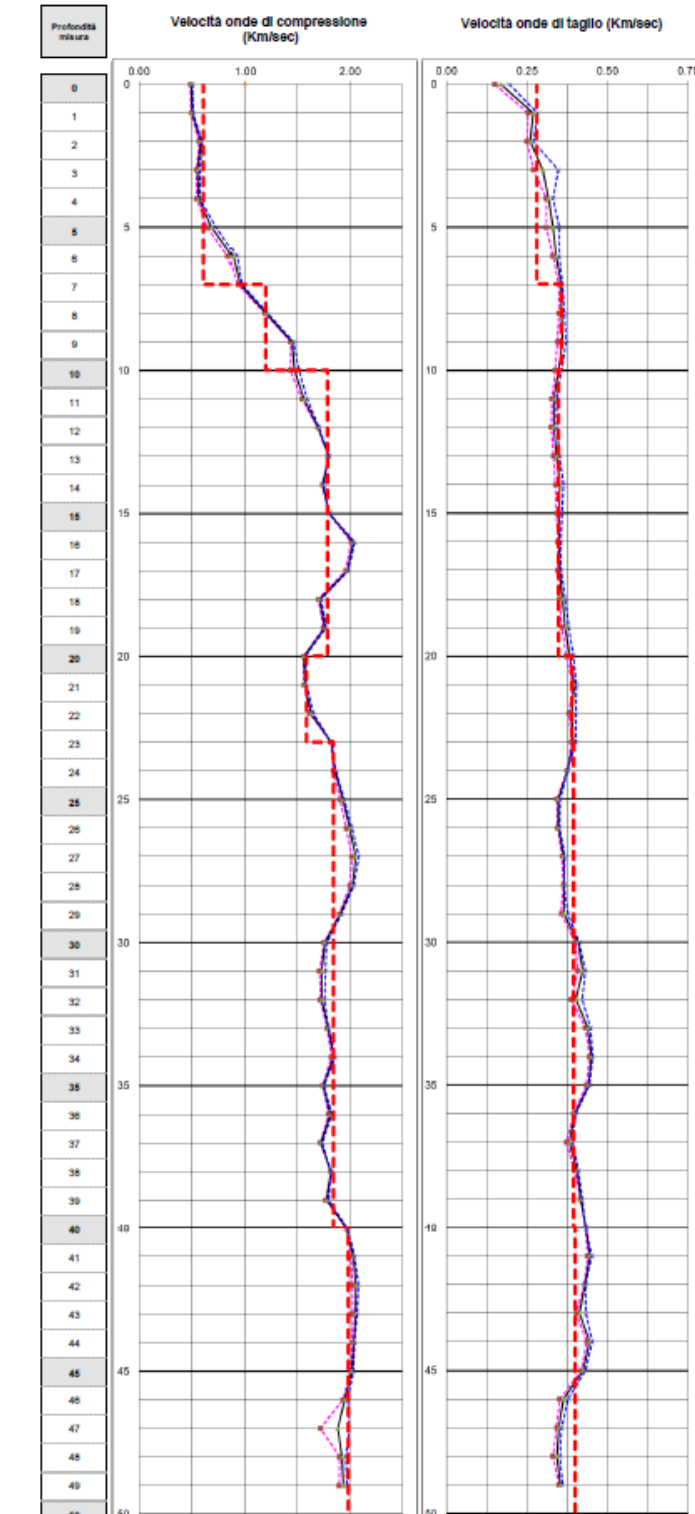


Tabella 2 – SI\_DH\_50





#### 4. PALIFICATE DI FONDAZIONE

##### 4.1 Capacità portante dei pali

Nel presente capitolo si riporta il calcolo della capacità portante dei pali per l'opera in esame.

Le metodologie di calcolo generali sono illustrate nella Relazione sui criteri di calcolo delle fondazioni (doc. rif. [DC1] a cui si rimanda.

##### 4.1.1 Stratigrafia e parametri geotecnici di calcolo

La capacità portante è definita sulla base della stratigrafia ricostruita dai sondaggi appositamente eseguiti per la pila P19, P34 e P36 dell'opera, che individuano la presenza delle argille subappenniniche dopo una copertura alluvionale rispettivamente di 6.5 m, 13.0 m e 14.0 m dal p.c..

Nelle seguenti tabelle si riporta la stratigrafia ed i parametri geotecnici principali per il calcolo della capacità portante dei pali della pila 19, pila 34, pila36.

Tabella 3 - VI01 Stratigrafia 1 stratigrafia e parametri di calcolo P19

Profondità [m]	Unità geotecnica	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c_u$ [kPa]	$\phi'$ [°]	$q_b$ [kPa]
da 0.0 a 6.5	a2	19.0	-	37	$23 \cdot \sigma'_v \leq 5800$
Da 6.5 a 40.0	ASP	19.0 (z < 30m) 19.5 (z > 30m)	150÷267 (6.5 < z < 22m) 267÷301 (22 < z < 30m) 350÷392 (30 < z < 40 m)	-	$9 \cdot c_u + \sigma_v$

Dove:  
 $\gamma$  = peso di volume naturale  
 $c_u$  = resistenza al taglio in condizioni non drenate  
 $\phi'$  = angolo di resistenza al taglio  
 $q_b$  = portata limite di base  
 $\sigma_v$  = tensione verticale totale  
 $\sigma'_v$  = tensione verticale efficace

Tabella 4 - VI01 Stratigrafia 2 – stratigrafia e parametri di calcolo P34

Profondità [m]	Unità geotecnica	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c_u$ [kPa]	$\phi'$ [°]	$q_b$ [kPa]
da 0.0 a 6.5	a2s	19.0	-	32	$12 \cdot \sigma'_v \leq 4300$
da 6.5 a 13.0	a2	19.0	-	37	$23 \cdot \sigma'_v \leq 5800$
da 13.0 a 40.0	ASP	19.0 (z < 30m) 19.5 (z > 30m)	200÷267 (13.0 < z < 22m) 267÷301 (22 < z < 30m) 350÷392 (30 < z < 40 m)	-	$9 \cdot c_u + \sigma_v$

Dove:  
 $\gamma$  = peso di volume naturale

$c_u$  = resistenza al taglio in condizioni non drenate  
 $\varphi'$  = angolo di resistenza al taglio  
 $q_b$  = portata limite di base  
 $\sigma_v$  = tensione verticale totale  
 $\sigma'_v$  = tensione verticale efficace

Tabella 5 - VI01 Stratigrafia 3 – stratigrafia e parametri di calcolo P36

Profondità [m]	Unità geotecnica	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c_u$ [kPa]	$\varphi'$ [°]	$q_b$ [kPa]
da 0.0 a 9.0	a2s	19.0	-	32	$12 \cdot \sigma'_v \leq 4300$
da 9.0 a 14.0	a2	19.0	-	37	$23 \cdot \sigma'_v \leq 5800$
da 14.0 a 40.0	ASP	19.0 (z < 30m) 19.5 (z > 30m)	210÷267 (14.0 < z < 22m) 267÷301 (22 < z < 30m) 350÷392 (30 < z < 40 m)	-	$9 \cdot c_u + \sigma_v$

Dove:

$\gamma$  = peso di volume naturale  
 $c_u$  = resistenza al taglio in condizioni non drenate  
 $\varphi'$  = angolo di resistenza al taglio  
 $q_b$  = portata limite di base  
 $\sigma_v$  = tensione verticale totale  
 $\sigma'_v$  = tensione verticale efficace

#### 4.1.2 Calcolo della capacità portante

La capacità portante per le fondazioni del viadotto è stata valutata per pali trivellati D=1200 mm, considerando l'Approccio 2 (A1+M1+R3) di normativa e quindi con i seguenti coefficienti parziali sulle resistenze di base e laterale:

- N. 3 verticale di indagine, da cui  $\xi_3 = 1.6$ ,
- $F_{SL}$  = fattore di sicurezza per la portata laterale a compressione ( $=\xi_3 \cdot \gamma_s = 1.84$ ).
- $F_{SB}$  = fattore di sicurezza per la portata di base ( $=\xi_3 \cdot \gamma_b = 2.16$ ).

Inoltre si è considerato cautelativamente:

- testa palo a 2.5 m di profondità dal p.c.;
- falda a p.c. (assunzione cautelativa in relazione alla presenza del fiume).

In **Appendice A** si riportano i tabulati di calcolo completi.

**Tabella 6 – VI01 Stratigrafia I - Capacità portante palo D=1200 mm - A1+M1+R3**

 LINEA FS FERRANDINA MATERA  
 VIADOTTO BASENTO P19 PORTANZA PALO D=1200- A1+M1+R3

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Q11 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
.00	0.	585.	0.	585.	271.
.50	21.	702.	3.	720.	333.
1.00	46.	819.	7.	859.	398.
1.50	75.	936.	10.	1001.	464.
2.00	107.	1054.	14.	1147.	533.
2.50	144.	1171.	17.	1297.	603.
3.00	184.	1288.	20.	1451.	676.
3.50	228.	1405.	24.	1609.	751.
4.00	277.	1522.	27.	1772.	828.
4.50	339.	1592.	31.	1900.	891.
5.00	407.	1661.	34.	2034.	956.
5.50	479.	1731.	37.	2173.	1025.
6.00	556.	1801.	41.	2316.	1095.
6.50	638.	1871.	44.	2465.	1169.
7.00	724.	1941.	48.	2617.	1244.
7.50	815.	2011.	51.	2775.	1323.
8.00	911.	2060.	54.	2916.	1394.
8.50	1011.	2109.	58.	3062.	1468.
9.00	1116.	2158.	61.	3213.	1545.
9.50	1226.	2207.	64.	3368.	1623.
10.00	1340.	2256.	68.	3528.	1705.
10.50	1459.	2306.	71.	3693.	1789.
11.00	1582.	2355.	75.	3863.	1876.
11.50	1711.	2404.	78.	4037.	1965.
12.00	1844.	2453.	81.	4215.	2056.
12.50	1981.	2502.	85.	4399.	2150.
13.00	2124.	2551.	88.	4587.	2247.
13.50	2271.	2601.	92.	4779.	2346.
14.00	2422.	2650.	95.	4977.	2448.
14.50	2578.	2699.	98.	5179.	2552.
15.00	2739.	2748.	102.	5386.	2659.
15.50	2905.	2797.	105.	5597.	2769.
16.00	3075.	2846.	109.	5813.	2881.
16.50	3250.	2896.	112.	6034.	2995.
17.00	3430.	2945.	115.	6259.	3112.
17.50	3614.	2994.	119.	6489.	3231.
18.00	3803.	3043.	122.	6724.	3354.
18.50	3997.	3092.	126.	6963.	3478.
19.00	4194.	3141.	129.	7206.	3605.
19.50	4394.	3190.	132.	7452.	3733.
20.00	4596.	3223.	136.	7683.	3854.
20.50	4799.	3256.	139.	7916.	3977.
21.00	5005.	3288.	143.	8151.	4100.
21.50	5212.	3321.	146.	8387.	4224.
22.00	5420.	3354.	149.	8625.	4349.
22.50	5630.	3386.	153.	8864.	4475.
23.00	5842.	3419.	156.	9105.	4602.
23.50	6055.	3452.	159.	9348.	4729.
24.00	6270.	3484.	163.	9592.	4858.
24.50	6487.	3517.	166.	9838.	4987.
25.00	6705.	3550.	170.	10085.	5118.
25.50	6925.	3582.	173.	10334.	5249.
26.00	7146.	3615.	176.	10585.	5381.
26.50	7369.	3648.	180.	10837.	5514.
27.00	7593.	3680.	183.	11091.	5648.
27.50	7819.	3713.	187.	11346.	5782.
28.00	8046.	3817.	190.	11672.	5950.
28.50	8272.	3920.	193.	11999.	6117.
29.00	8498.	4003.	197.	12305.	6275.
29.50	8724.	4048.	200.	12572.	6415.
30.00	8950.	4092.	204.	12839.	6555.

30.50	9177.	4136.	207.	13106.	6695.
31.00	9403.	4180.	210.	13373.	6835.
31.50	9629.	4225.	214.	13640.	6975.
32.00	9855.	4269.	217.	13907.	7115.
32.50	10081.	4298.	221.	14159.	7248.
33.00	10308.	4298.	224.	14381.	7368.
33.50	10534.	4298.	227.	14604.	7487.
34.00	10760.	4298.	231.	14827.	7607.
34.50	10986.	4298.	234.	15050.	7726.
35.00	11212.	4298.	238.	15273.	7846.
35.50	11439.	4298.	241.	15495.	7965.
36.00	11665.	4298.	244.	15718.	8085.
36.50	11891.	4298.	248.	15941.	8204.
37.00	12117.	4298.	251.	16164.	8324.
37.50	12343.	4298.	254.	16387.	8444.

Lp = Lunghezza utile del palo  
 Ql1 = Portata laterale limite  
 Qbl = Portata di base limite  
 Wp = Peso efficace del palo  
 Qu = Portata totale limite  
 Qd = Portata di progetto =  $Ql1/FS,1 + Qbl/FS,b - Wp$

*Tabella 7 – VI01 Stratigrafia 2 - Capacità portante palo D=1200 mm - A1+M1+R3*

LINEA FS FERRANDINA MATERA  
 VIADOTTO BASENTO P34 PORTANZA PALO D=1200- A1+M1+R3 stratigrafia 2

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Ql1 kN	Qbl kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
.00	0.	305.	0.	305.	141.
.50	17.	366.	3.	381.	176.
1.00	38.	428.	7.	459.	212.
1.50	62.	489.	10.	540.	250.
2.00	89.	550.	14.	625.	289.
2.50	119.	611.	17.	713.	331.
3.00	153.	672.	20.	804.	374.
3.50	189.	733.	24.	898.	418.
4.00	230.	794.	27.	997.	465.
4.50	281.	1015.	31.	1265.	592.
5.00	336.	1236.	34.	1538.	721.
5.50	396.	1457.	37.	1815.	852.
6.00	459.	1678.	41.	2096.	986.
6.50	526.	1899.	44.	2381.	1121.
7.00	597.	2120.	48.	2670.	1259.
7.50	672.	2252.	51.	2873.	1357.
8.00	751.	2263.	54.	2959.	1401.
8.50	833.	2273.	58.	3048.	1447.
9.00	919.	2284.	61.	3142.	1496.
9.50	1009.	2294.	64.	3239.	1546.
10.00	1103.	2305.	68.	3340.	1599.
10.50	1204.	2315.	71.	3448.	1655.
11.00	1325.	2364.	75.	3614.	1740.
11.50	1453.	2412.	78.	3787.	1829.
12.00	1586.	2461.	81.	3966.	1920.
12.50	1724.	2510.	85.	4148.	2014.
13.00	1866.	2558.	88.	4336.	2110.
13.50	2013.	2607.	92.	4528.	2209.
14.00	2165.	2656.	95.	4725.	2311.
14.50	2321.	2704.	98.	4927.	2415.
15.00	2482.	2753.	102.	5133.	2521.
15.50	2647.	2801.	105.	5344.	2631.
16.00	2818.	2850.	109.	5559.	2742.
16.50	2993.	2899.	112.	5779.	2856.
17.00	3172.	2947.	115.	6004.	2973.
17.50	3357.	2996.	119.	6234.	3092.
18.00	3545.	3045.	122.	6468.	3214.

18.50	3739.	3093.	126.	6707.	3339.
19.00	3936.	3142.	129.	6949.	3465.
19.50	4136.	3190.	132.	7194.	3593.
20.00	4338.	3223.	136.	7426.	3714.
20.50	4542.	3256.	139.	7659.	3837.
21.00	4747.	3288.	143.	7893.	3960.
21.50	4954.	3321.	146.	8129.	4084.
22.00	5163.	3354.	149.	8367.	4209.
22.50	5373.	3386.	153.	8606.	4335.
23.00	5584.	3419.	156.	8847.	4462.
23.50	5798.	3452.	159.	9090.	4590.
24.00	6013.	3484.	163.	9334.	4718.
24.50	6229.	3517.	166.	9580.	4847.
25.00	6447.	3550.	170.	9827.	4978.
25.50	6667.	3582.	173.	10076.	5109.
26.00	6888.	3615.	176.	10327.	5241.
26.50	7111.	3648.	180.	10579.	5374.
27.00	7336.	3680.	183.	10833.	5508.
27.50	7562.	3713.	187.	11088.	5642.
28.00	7788.	3817.	190.	11415.	5810.
28.50	8014.	3920.	193.	11741.	5977.
29.00	8241.	4003.	197.	12047.	6135.
29.50	8467.	4048.	200.	12314.	6275.
30.00	8693.	4092.	204.	12581.	6415.
30.50	8919.	4136.	207.	12848.	6555.
31.00	9145.	4180.	210.	13115.	6695.
31.50	9372.	4225.	214.	13382.	6835.
32.00	9598.	4269.	217.	13649.	6975.
32.50	9824.	4298.	221.	13901.	7108.
33.00	10050.	4298.	224.	14124.	7228.
33.50	10276.	4298.	227.	14347.	7347.
34.00	10502.	4298.	231.	14569.	7467.
34.50	10729.	4298.	234.	14792.	7586.
35.00	10955.	4298.	238.	15015.	7706.
35.50	11181.	4298.	241.	15238.	7825.
36.00	11407.	4298.	244.	15461.	7945.
36.50	11633.	4298.	248.	15683.	8065.
37.00	11860.	4298.	251.	15906.	8184.
37.50	12086.	4298.	254.	16129.	8304.

Lp = Lunghezza utile del palo  
 Ql1 = Portata laterale limite  
 Qb1 = Portata di base limite  
 Wp = Peso efficace del palo  
 Qu = Portata totale limite  
 Qd = Portata di progetto =  $Ql1/FS,l + Qb1/FS,b - Wp$

*Tabella 8 – VI01 Stratigrafia 3 - Capacità portante palo D=1200 mm - A1+M1+R3*

LINEA FS FERRANDINA MATERA  
 VIADOTTO BASENTO P36 PORTANZA PALO D=1200- A1+M1+R3 stratigrafia 2

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Ql1 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
.00	0.	305.	0.	305.	141.
.50	17.	366.	3.	381.	176.
1.00	38.	428.	7.	459.	212.
1.50	62.	489.	10.	540.	250.
2.00	89.	550.	14.	625.	289.
2.50	119.	611.	17.	713.	331.
3.00	153.	672.	20.	804.	374.
3.50	189.	733.	24.	898.	418.
4.00	229.	794.	27.	996.	465.
4.50	272.	855.	31.	1096.	513.
5.00	318.	916.	34.	1200.	563.
5.50	367.	977.	37.	1307.	615.
6.00	420.	1038.	41.	1417.	668.
6.50	477.	1099.	44.	1532.	724.

7.00	546.	1360.	48.	1859.	879.
7.50	621.	1621.	51.	2192.	1037.
8.00	700.	1882.	54.	2528.	1197.
8.50	782.	2082.	58.	2806.	1331.
9.00	869.	2281.	61.	3088.	1467.
9.50	959.	2480.	64.	3374.	1605.
10.00	1053.	2470.	68.	3455.	1648.
10.50	1150.	2459.	71.	3539.	1693.
11.00	1252.	2449.	75.	3626.	1740.
11.50	1360.	2438.	78.	3721.	1790.
12.00	1490.	2485.	81.	3894.	1879.
12.50	1628.	2532.	85.	4076.	1972.
13.00	1770.	2579.	88.	4262.	2068.
13.50	1917.	2626.	92.	4452.	2166.
14.00	2069.	2673.	95.	4647.	2267.
14.50	2225.	2720.	98.	4847.	2370.
15.00	2386.	2767.	102.	5052.	2476.
15.50	2552.	2814.	105.	5261.	2585.
16.00	2722.	2861.	109.	5475.	2696.
16.50	2897.	2908.	112.	5694.	2809.
17.00	3077.	2955.	115.	5917.	2925.
17.50	3261.	3002.	119.	6145.	3044.
18.00	3450.	3049.	122.	6377.	3165.
18.50	3643.	3096.	126.	6614.	3288.
19.00	3841.	3143.	129.	6855.	3414.
19.50	4041.	3190.	132.	7099.	3541.
20.00	4243.	3223.	136.	7330.	3662.
20.50	4447.	3256.	139.	7563.	3785.
21.00	4652.	3288.	143.	7798.	3908.
21.50	4859.	3321.	146.	8034.	4032.
22.00	5067.	3354.	149.	8272.	4157.
22.50	5277.	3386.	153.	8511.	4283.
23.00	5489.	3419.	156.	8752.	4410.
23.50	5703.	3452.	159.	8995.	4538.
24.00	5917.	3484.	163.	9239.	4666.
24.50	6134.	3517.	166.	9485.	4796.
25.00	6352.	3550.	170.	9732.	4926.
25.50	6572.	3582.	173.	9981.	5057.
26.00	6793.	3615.	176.	10232.	5189.
26.50	7016.	3648.	180.	10484.	5322.
27.00	7241.	3680.	183.	10738.	5456.
27.50	7467.	3713.	187.	10993.	5590.
28.00	7693.	3817.	190.	11319.	5758.
28.50	7919.	3920.	193.	11646.	5925.
29.00	8145.	4003.	197.	11952.	6083.
29.50	8371.	4048.	200.	12219.	6223.
30.00	8598.	4092.	204.	12486.	6363.
30.50	8824.	4136.	207.	12753.	6503.
31.00	9050.	4180.	210.	13020.	6643.
31.50	9276.	4225.	214.	13287.	6783.
32.00	9502.	4269.	217.	13554.	6924.
32.50	9729.	4298.	221.	13806.	7056.
33.00	9955.	4298.	224.	14029.	7176.
33.50	10181.	4298.	227.	14251.	7296.
34.00	10407.	4298.	231.	14474.	7415.
34.50	10633.	4298.	234.	14697.	7535.
35.00	10860.	4298.	238.	14920.	7654.
35.50	11086.	4298.	241.	15143.	7774.
36.00	11312.	4298.	244.	15365.	7893.
36.50	11538.	4298.	248.	15588.	8013.
37.00	11764.	4298.	251.	15811.	8132.
37.50	11991.	4298.	254.	16034.	8252.

Lp = Lunghezza utile del palo  
 Ql1 = Portata laterale limite  
 Qb1 = Portata di base limite  
 Wp = Peso efficace del palo  
 Qu = Portata totale limite  
 Qd = Portata di progetto =  $Q_{l1}/FS,1 + Q_{b1}/FS,b - W_p$

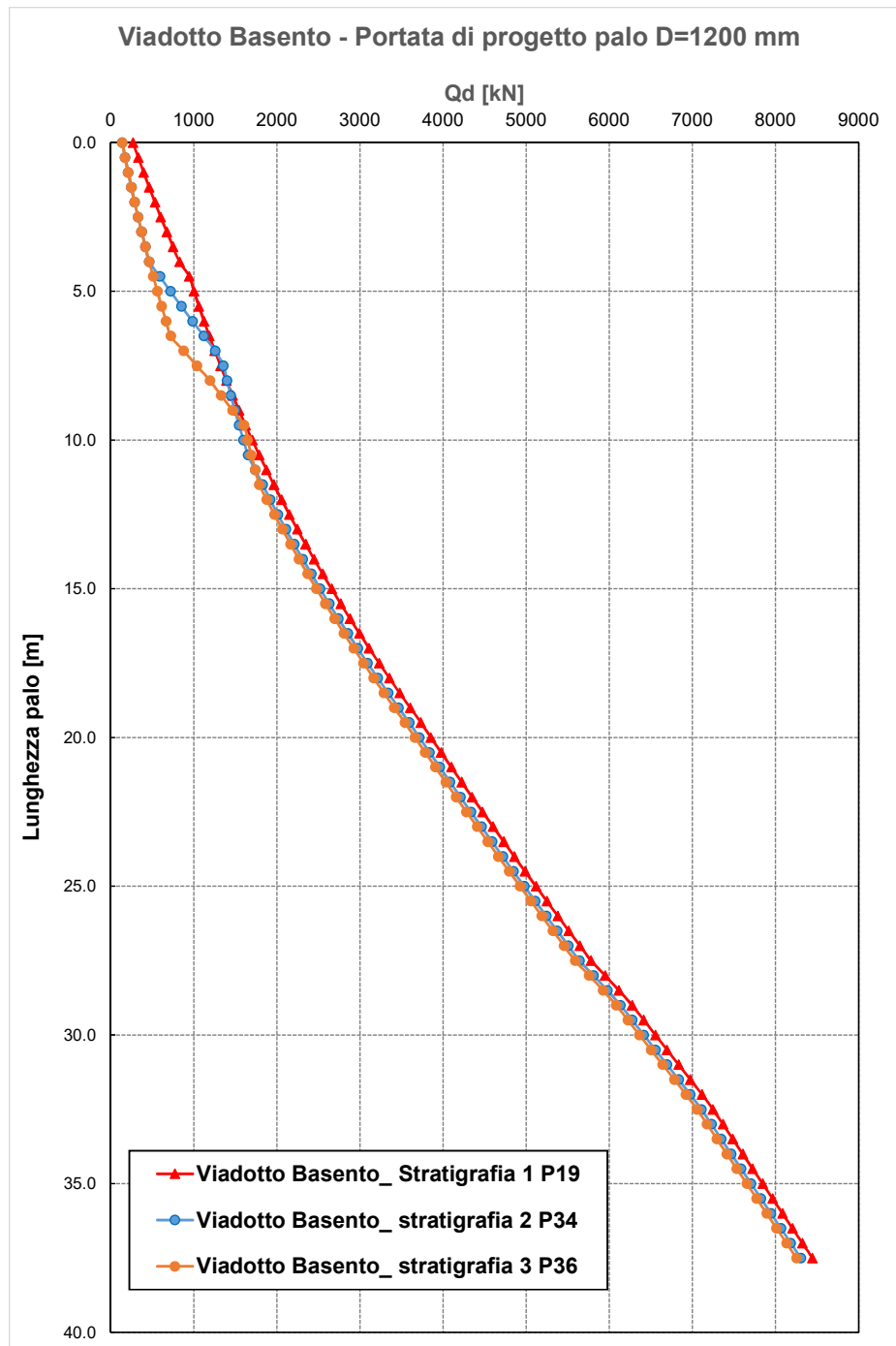


Figura 9 – Capacità portante palo D=1200 mm

## 4.2 Modulo di reazione orizzontale del terreno

Lo studio dell'interazione tra palo soggetto ai carichi orizzontali ed il terreno viene effettuato ricorrendo alla teoria di Matlock e Reese che si basa sul noto modello di suolo alla Winkler (elastico-lineare), caratterizzato da un modulo di reazione orizzontale del terreno ( $E_{MR}$ ) definito come il rapporto fra la reazione del terreno per unità di lunghezza del palo ( $p$ ) ed il corrispondente spostamento orizzontale ( $y$ ):  $E_{MR} = p / y$ . Definito il coefficiente di sottofondo alla Winkler ( $K_W$ ), per un palo di diametro  $D$ , si ha questa relazione con il modulo di reazione orizzontale palo-terreno:

$$E_{MR} = K_W \cdot D$$

Le metodologie di calcolo sono riportate nella Relazione sui criteri di calcolo delle fondazioni (doc. rif. [DC1]).

In particolare per la valutazione del modulo di reazione orizzontale palo-terreno, si considera:

nei depositi coesivi:  $E_{MR} = \xi * c_u \leq E_{MR,max}$  con  $\xi = 350$ ;  $E_{MR,max} = 120000 \text{ kN/m}^2$ .

nei terreni incoerenti:  $E_{MR} = kh * z$ , dove  $kh = 6000 \text{ kN/m}^3$  per sabbioso limosi;  $kh = 8000 \text{ kN/m}^3$  per depositi ghiaioso sabbiosi.

Si riporta di seguito il profilo del modulo di reazione orizzontale palo-terreno, definito da testa palo.

### VI01 Stratigrafia 1 – P19

Prof. m	E kN/m <sup>2</sup>
.00	20000.0
4.00	52000.0
4.10	52550.0
19.50	93450.0
19.51	93450.0
27.50	105350.0
27.51	120000.0
37.50	120000.0

### VI01 Stratigrafia 2 e 3 – P34 e P36

Prof. m	E kN/m <sup>2</sup>
.00	15000.0
6.50	54000.0
6.51	72000.0
11.50	112000.0
11.51	73500.0
19.50	93450.0
27.50	105350.0
27.51	120000.0
37.50	120000.0



### 4.3 Parametro $\alpha_m$ e andamento del momento lungo il palo

Per ricavare il parametro  $\alpha_m$  (rapporto momento taglio in testa palo nell'ipotesi di rotazione impedita) si ricorre al metodo di Matlock e Reese (1956) che, utilizzando il metodo delle differenze finite, hanno risolto il problema del palo soggetto ad un carico orizzontale, mediante l'impiego di parametri adimensionali.

Nel caso in esame, considerando l'andamento del modulo di reazione orizzontale palo-terreno  $E_{MR}$  definito nel precedente paragrafo, si ricava il valore del parametro  $\alpha_m$ :

$$\alpha_m = M_0 / H_0$$

essendo:

$H_0$  = azione tagliante in testa palo [F];

$M_0$  = azione flettente, conseguente ad  $H_0$ , in testa al palo;

$\alpha_m$  = rapporto momento taglio in testa palo nell'ipotesi di rotazione impedita [L];

Le metodologie di calcolo generali sono riportate nella Relazione sui criteri di calcolo delle fondazioni (doc. rif. [DC1]). Nella seguente tabella si riportano i valori del parametro alfa  $\alpha_m = M_0 / H_0$  ed a seguire l'andamento di taglio e momento lungo il palo. La valutazione è stata fatta applicando un taglio a testa palo  $H_0=100$  kN.

**Tabella 9 – VI01 - Valori di  $\alpha_m$  (D=1200 mm)**

Stratigrafia	Lunghezza palo	$\alpha_m$ [m]
1	L=32m	-2.34
2 e 3	L=37m	-2.52

Nelle seguenti tabelle si riporta l'andamento di taglio e momento lungo il fusto del palo; tutti i tabulati di calcolo sono riportati in **Appendice B**.

**Tabella 10 – Andamento di taglio e momento lungo il palo D=1200 mm – VI01 – Stratigrafia 1**

Sollecitazioni, deformazioni e pressioni mobilitate  
lungo il fusto del palo

prof. m	T kN	M kN*m	Yp mm	Rp mRad	Pr kN/m
.00	100.00	-234.05	.652	.000	13.68
1.00	84.51	-141.34	.618	.061	17.32
2.00	66.01	-65.82	.538	.095	19.38
3.00	46.59	-9.55	.436	.107	19.20
4.00	28.31	27.64	.330	.103	17.18
5.00	13.31	47.90	.233	.091	12.79
6.00	2.61	55.35	.151	.073	8.67
7.00	-4.27	54.09	.086	.055	5.19
8.00	-8.23	47.58	.039	.039	2.47
9.60	-9.58	32.58	-.005	.018	-.32
11.20	-7.97	18.15	-.021	.004	-1.53
12.80	-5.31	7.48	-.023	-.002	-1.70

14.40	-2.83	1.08	-.017	-.004	-1.35
16.00	-.95	-1.88	-.010	-.004	-.86
18.67	.30	-2.32	-.002	-.002	-.21
21.33	.43	-1.11	.001	.000	.06
24.00	.20	-.22	.001	.000	.09
28.00	.00	.09	.000	.000	.02
32.00	.00	.00	.000	.000	-.02

**Tabella 11 – Andamento di taglio e momento lungo il palo D=1200 mm – VI01 – Stratigrafia 2 e 3**

 Sollecitazioni, deformazioni e pressioni mobilitate  
 lungo il fusto del palo

prof. m	T kN	M kN*m	Yp mm	Rp mRad	Pr kN/m
.00	100.00	-252.24	.780	.000	12.37
1.16	83.58	-145.50	.732	.075	16.07
2.31	63.74	-60.02	.621	.113	17.92
3.47	43.25	1.72	.481	.124	17.24
4.63	24.72	40.58	.342	.115	14.61
5.78	9.92	59.99	.219	.096	10.89
6.94	-1.03	64.85	.122	.072	9.22
8.09	-8.89	58.32	.053	.048	4.49
9.25	-11.96	45.70	.009	.028	.85
11.10	-10.10	23.96	-.022	.008	-2.42
12.95	-6.25	9.02	-.026	-.002	-1.99
14.80	-2.97	.70	-.018	-.005	-1.51
16.65	-.81	-2.50	-.010	-.004	-.84
18.50	.28	-2.81	-.003	-.003	-.31
21.58	.49	-1.24	.001	.000	.07
24.67	.21	-.15	.001	.000	.09
27.75	.02	.14	.000	.000	.03
32.37	-.02	.04	.000	.000	-.01
37.00	.00	.00	.000	.000	.00

#### 4.4 Carico limite orizzontale dei pali

Per la valutazione del carico limite orizzontale si fa riferimento alla teoria di Broms per il caso di pali con rotazione in testa impedita. Le metodologie di calcolo sono riportate nella Relazione sui criteri di calcolo delle fondazioni (doc. rif. [DC1]).

Il fattore di sicurezza di normativa per la verifica a carico orizzontale è  $FS = \gamma_T \cdot \xi_3 = 1.30 \cdot 1.60 = 2.1$  (da normativa vigente per verifica A1+M1+R3). Quindi la resistenza di progetto è valutata a partire dalla resistenza caratteristica (calcolata con Broms), fattorizzata con FS, da cui:  $H_d = H_{lim} / 2.1$ .

Il valore caratteristico della resistenza ( $H_{lim}$ ) è stato valutato con riferimento ai seguenti momenti di plasticizzazione:

- Spalle (D=1200mm, armatura 28φ30):  $M_y$  pari a 3925.7 kNm
- Pile (D=1200mm, armatura 18φ24):  $M_y$  pari a 1777.7 kNm

Nella seguente tabella si riportano i valori di progetto del carico limite orizzontale ( $H_{lim}$ ) e del carico limite di progetto ( $H_d$ ), valutati per diverse lunghezze palo.

Fondazioni	Diametro palo [mm]	L palo [m]	Cu [kPa] (media)	Hmax [kN]	Hd [kN]
Pila (stratigrafia 1)	1200	32.0	230	1665.15	800.6
Pila (stratigrafia 2 e 3)	1200	37.0	230	1665.15	800.6
Spalla A	1200	32.0	230	3209.77	1543.2
Spalla B	1200	37.0	230	3209.77	1543.2

## 5. VERIFICA RISCHIO POTENZIALE LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

In questo capitolo si valuta il rischio di potenziale liquefazione dei terreni del sito in esame, problematica che si pone quando la falda freatica si trova in prossimità del piano campagna ed il terreno di fondazione comprende strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, anche se contenenti una frazione fine limoso-argillosa.

Le NTC18 al paragrafo 7.11.3.4.2 affermano che la verifica alla liquefazione può essere omessa quando si manifesti una delle seguenti circostanze:

1. Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di free-field-campo libero) minori di 0.1 g;
2. Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N_1)_{60} > 30$  oppure  $q_{cIN} > 180$  dove  $(N_1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $q_{cIN}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione verticale efficace di 100 kPa;
4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate in Figura 10 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3.5$  ed in Figura 11 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3.5$ .

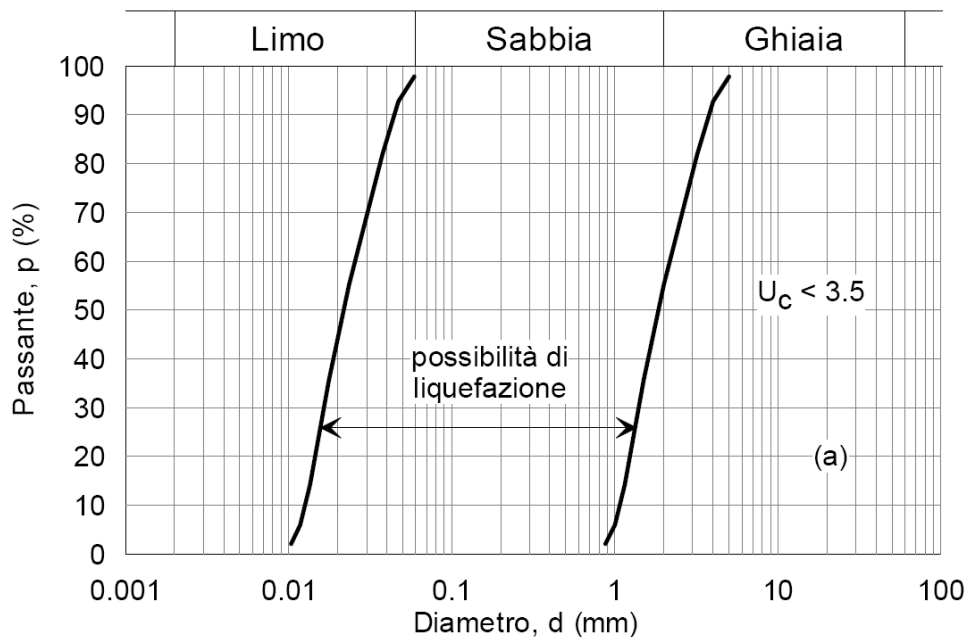


Figura 10. Fusi granulometrici di terreni suscettibili alla liquefazione per  $U_c < 3.5$

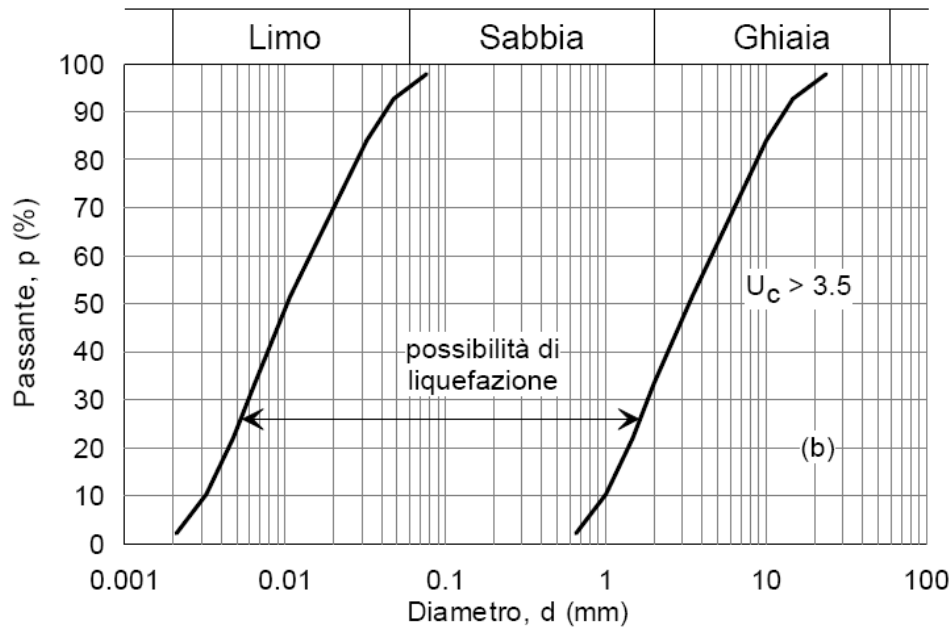


Figura 11. Fusi granulometrici di terreni suscettibili alla liquefazione per  $U_c > 3.5$

Per il sito in esame si può escludere il rischio di potenziale liquefazione perché:

- sondaggio S1\_DH\_50: i terreni incoerenti alluvionali superficiali, sotto falda, sono ghiaiosi con valori di  $N_{spt} > 40$  colpi/30cm;
- sondaggi S\_CH\_VI01 pila 34 e S\_CH\_VI01 pila 36: il livello massimo di falda stimato da piezometri S1\_PZ\_30 e S6 è a 7.5-9.0 m di profondità per i due sondaggi, quindi i terreni sabbiosi alluvionali sono sempre sopra falda.

## 6. APPENDICE A: VALUTAZIONE DELLA CAPACITA' PORTANTE DEI PALI. TABULATI DI CALCOLO PAL

### 6.1 Stratigrafia 1 - Palo D=1200 mm – P19

\*\*\* P A L \*\*\*  
Programma per l'analisi della capacita' portante  
assiale di un palo di fondazione

(C) G.Guiducci - Studio SINTESI (RN - Italy)  
ottobre 2006

pag./ 2

LINEA FS FERRANDINA MATERA  
VIADOTTO BASENTO P19 PORTANZA PALO D=1200- A1+M1+R3

Quota testa palo da p.c. = 2.50 m  
Quota falda da p.c. = .00 m  
Peso di volume del palo = 6.00 kN/m<sup>3</sup>  
Fattore di sicurezza portata laterale = 1.84 (FS,l)  
Fattore di sicurezza portata di base = 2.16 (FS,b)

Elemento cilindrico, Diametro fusto = 1200. mm

Criterio per la determinazione della portata di base in uno strato "i"  
quando la  $Q_{b,i}$  ad esso attribuibile e' superiore a quella degli  
strati adiacenti:

La base del palo deve essere situata almeno:  $3.0 * 1.200 = 3.60$  m  
entro lo strato se quello sovrastante e' piu' debole

La base del palo deve essere situata almeno:  $3.0 * 1.200 = 3.60$  m  
sopra lo strato sottostante se esso e' piu' debole

La variazione di  $Q_b$  viene assunta lineare dal passaggio di strato

LINEA FS FERRANDINA MATERA  
VIADOTTO BASENTO P19 PORTANZA PALO D=1200- A1+M1+R3

DEFINIZIONE PARAMETRI E CRITERI DI CALCOLO PER GLI STRATI DI TERRENO

Strato 1 "a2 " (Incoerente) da .00 a 6.50 m

$$G_n = 19.0 \text{ kN/m}^3 \quad G_e = 9.0 \text{ kN/m}^3$$

$$\tau = K * \tan(\delta) * S'v < 150.0 \text{ kPa}$$

$$K = .60 \quad \delta = 37.0 \text{ deg}$$

$$Q_b = 23.0 * S'v < 5800. \text{ kPa}$$

Strato 2 "ASP " (Coesivo) da 6.50 a 22.00 m

$$G_n = 19.0 \text{ kN/m}^3 \quad G_e = 9.0 \text{ kN/m}^3$$

$$\tau = \alpha * C_u < 120.0 \text{ kPa}$$

Criterio  $\alpha(C_u)$  nel seguito

$$\tau > .23 * S'v$$

$$\tau < .55 * S'v$$

$$Q_b = 9.0 * C_u + S_v < 3800. \text{ kPa}$$

$$C_u \text{ variabile lin. da } 150.0 \text{ a } 267.0 \text{ kPa}$$

Strato 3 "ASP " (Coesivo) da 22.00 a 30.00 m

$$G_n = 19.5 \text{ kN/m}^3 \quad G_e = 9.5 \text{ kN/m}^3$$

$$\tau = \alpha * C_u < 120.0 \text{ kPa}$$

Criterio  $\alpha(C_u)$  nel seguito

$$\tau > .23 * S'v$$

$$\tau < .55 * S'v$$

$$Q_b = 9.0 * C_u + S_v < 3800. \text{ kPa}$$

$$C_u \text{ variabile lin. da } 267.0 \text{ a } 301.0 \text{ kPa}$$

pag./ 4

LINEA FS FERRANDINA MATERA  
VIADOTTO BASENTO P19 PORTANZA PALO D=1200- A1+M1+R3

DEFINIZIONE PARAMETRI E CRITERI DI CALCOLO PER GLI STRATI DI TERRENO

Strato 4 "ASP " (Coesivo) da 30.00 a 40.00 m

$$G_n = 19.5 \text{ kN/m}^3 \quad G_e = 9.5 \text{ kN/m}^3$$

$$\tau = \alpha \cdot C_u < 120.0 \text{ kPa}$$

Criterio  $\alpha(C_u)$  nel seguito

$$\tau > .23 \cdot S'v$$

$$\tau < .55 \cdot S'v$$

$$Q_b = 9.0 \cdot C_u + S_v < 3800. \text{ kPa}$$

$$C_u \text{ variabile lin. da } 350.0 \text{ a } 392.0 \text{ kPa}$$



LINEA FS FERRANDINA MATERA  
VIADOTTO BASENTO P19 PORTANZA PALO D=1200- A1+M1+R3

MOLTIPLICATORI per i parametri di calcolo

strato	Molt. Tau	Molt. Qb	Molt. Cu
1 "a2 "	1.00	1.00	-
2 "ASP "	1.00	1.00	1.00
3 "ASP "	1.00	1.00	1.00
4 "ASP "	1.00	1.00	1.00

NOTA: i moltiplicatori non influenzano le limitazioni  
superiori o inferiori dei parametri

Per terreni coesivi: Criterio  $\tau = \alpha \cdot c_u$

Cu kPa	alfa
-	-
.0	.90
25.0	.90
25.1	.80
50.0	.80
51.0	.60
75.0	.60
75.1	.40
300.0	.40

LINEA FS FERRANDINA MATERA  
VIADOTTO BASENTO P19 PORTANZA PALO D=1200- A1+M1+R3

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
2.50	22.5	47.5	--	.45	10.2	518.
3.00	27.0	57.0	--	.45	12.2	621.
3.50	31.5	66.5	--	.45	14.2	725.
4.00	36.0	76.0	--	.45	16.3	828.
4.50	40.5	85.5	--	.45	18.3	932.
5.00	45.0	95.0	--	.45	20.3	1035.
5.50	49.5	104.5	--	.45	22.4	1139.
6.00	54.0	114.0	--	.45	24.4	1242.
6.50	58.5	123.5	--	.50	29.3	1346.
7.00	63.0	133.0	153.8	.55	34.7	1407.
7.50	67.5	142.5	157.5	.55	37.1	1469.
8.00	72.0	152.0	161.3	.55	39.6	1531.
8.50	76.5	161.5	165.1	.55	42.1	1593.
9.00	81.0	171.0	168.9	.55	44.5	1654.
9.50	85.5	180.5	172.6	.55	47.0	1716.
10.00	90.0	190.0	176.4	.55	49.5	1778.
10.50	94.5	199.5	180.2	.55	52.0	1821.
11.00	99.0	209.0	184.0	.55	54.5	1865.
11.50	103.5	218.5	187.7	.55	56.9	1908.
12.00	108.0	228.0	191.5	.55	59.4	1952.
12.50	112.5	237.5	195.3	.55	61.9	1995.
13.00	117.0	247.0	199.1	.55	64.3	2039.
13.50	121.5	256.5	202.8	.55	66.8	2082.
14.00	126.0	266.0	206.6	.55	69.3	2126.
14.50	130.5	275.5	210.4	.55	71.8	2169.
15.00	135.0	285.0	214.2	.55	74.3	2212.
15.50	139.5	294.5	217.9	.55	76.7	2256.
16.00	144.0	304.0	221.7	.55	79.2	2299.
16.50	148.5	313.5	225.5	.55	81.7	2343.
17.00	153.0	323.0	229.3	.55	84.2	2386.

LINEA FS FERRANDINA MATERA  
VIADOTTO BASENTO P19 PORTANZA PALO D=1200- A1+M1+R3

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
17.50	157.5	332.5	233.0	.55	86.6	2430.
18.00	162.0	342.0	236.8	.55	89.1	2473.
18.50	166.5	351.5	240.6	.55	91.6	2517.
19.00	171.0	361.0	244.4	.55	94.1	2560.
19.50	175.5	370.5	248.1	.55	96.5	2604.
20.00	180.0	380.0	251.9	.55	99.0	2647.
20.50	184.5	389.5	255.7	.55	101.5	2691.
21.00	189.0	399.0	259.5	.55	103.8	2734.
21.50	193.5	408.5	263.2	.54	105.3	2778.
22.00	198.0	418.0	267.0	.54	106.8	2821.
22.50	202.8	427.8	269.1	.53	107.7	2850.
23.00	207.5	437.5	271.3	.52	108.5	2879.
23.50	212.3	447.3	273.4	.52	109.3	2908.
24.00	217.0	457.0	275.5	.51	110.2	2937.
24.50	221.8	466.8	277.6	.50	111.1	2965.
25.00	226.5	476.5	279.8	.49	111.9	2994.
25.50	231.3	486.3	281.9	.49	112.8	3023.
26.00	236.0	496.0	284.0	.48	113.6	3052.
26.50	240.8	505.8	286.1	.48	114.5	3081.
27.00	245.5	515.5	288.3	.47	115.3	3110.
27.50	250.3	525.3	290.4	.46	116.2	3139.
28.00	255.0	535.0	292.5	.46	117.0	3168.
28.50	259.8	544.8	294.6	.45	117.8	3196.
29.00	264.5	554.5	296.8	.45	118.7	3225.
29.50	269.3	564.3	298.9	.44	119.6	3254.
30.00	274.0	574.0	301.0	.44	120.0	3283.
30.50	278.8	583.8	352.1	.43	120.0	3375.
31.00	283.5	593.5	354.2	.42	120.0	3466.
31.50	288.3	603.3	356.3	.42	120.0	3540.
32.00	293.0	613.0	358.4	.41	120.0	3579.

LINEA FS FERRANDINA MATERA  
VIADOTTO BASENTO P19 PORTANZA PALO D=1200- A1+M1+R3

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
32.50	297.8	622.8	360.5	.40	120.0	3618.
33.00	302.5	632.5	362.6	.40	120.0	3657.
33.50	307.3	642.3	364.7	.39	120.0	3696.
34.00	312.0	652.0	366.8	.38	120.0	3735.
34.50	316.8	661.8	368.9	.38	120.0	3774.
35.00	321.5	671.5	371.0	.37	120.0	3800.
35.50	326.3	681.3	373.1	.37	120.0	3800.
36.00	331.0	691.0	375.2	.36	120.0	3800.
36.50	335.8	700.8	377.3	.36	120.0	3800.
37.00	340.5	710.5	379.4	.35	120.0	3800.
37.50	345.3	720.3	381.5	.35	120.0	3800.
38.00	350.0	730.0	383.6	.34	120.0	3800.
38.50	354.8	739.8	385.7	.34	120.0	3800.
39.00	359.5	749.5	387.8	.33	120.0	3800.
39.50	364.3	759.3	389.9	.33	120.0	3800.
40.00	369.0	769.0	392.0	.33	120.0	3800.

zz = Profondita' da piano campagna  
S'v = Tensione verticale efficace  
Sv = Tensione verticale totale  
Cu = Coesione non drenata  
Tau = Tensione di adesione laterale limite  
qb = Portata di base limite unitaria

LINEA FS FERRANDINA MATERA  
VIADOTTO BASENTO P19 PORTANZA PALO D=1200- A1+M1+R3

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Q11 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
.00	0.	585.	0.	585.	271.
.50	21.	702.	3.	720.	333.
1.00	46.	819.	7.	859.	398.
1.50	75.	936.	10.	1001.	464.
2.00	107.	1054.	14.	1147.	533.
2.50	144.	1171.	17.	1297.	603.
3.00	184.	1288.	20.	1451.	676.
3.50	228.	1405.	24.	1609.	751.
4.00	277.	1522.	27.	1772.	828.
4.50	339.	1592.	31.	1900.	891.
5.00	407.	1661.	34.	2034.	956.
5.50	479.	1731.	37.	2173.	1025.
6.00	556.	1801.	41.	2316.	1095.
6.50	638.	1871.	44.	2465.	1169.
7.00	724.	1941.	48.	2617.	1244.
7.50	815.	2011.	51.	2775.	1323.
8.00	911.	2060.	54.	2916.	1394.
8.50	1011.	2109.	58.	3062.	1468.
9.00	1116.	2158.	61.	3213.	1545.
9.50	1226.	2207.	64.	3368.	1623.
10.00	1340.	2256.	68.	3528.	1705.
10.50	1459.	2306.	71.	3693.	1789.
11.00	1582.	2355.	75.	3863.	1876.
11.50	1711.	2404.	78.	4037.	1965.
12.00	1844.	2453.	81.	4215.	2056.
12.50	1981.	2502.	85.	4399.	2150.
13.00	2124.	2551.	88.	4587.	2247.
13.50	2271.	2601.	92.	4779.	2346.
14.00	2422.	2650.	95.	4977.	2448.
14.50	2578.	2699.	98.	5179.	2552.
15.00	2739.	2748.	102.	5386.	2659.
15.50	2905.	2797.	105.	5597.	2769.
16.00	3075.	2846.	109.	5813.	2881.
16.50	3250.	2896.	112.	6034.	2995.
17.00	3430.	2945.	115.	6259.	3112.
17.50	3614.	2994.	119.	6489.	3231.
18.00	3803.	3043.	122.	6724.	3354.
18.50	3997.	3092.	126.	6963.	3478.
19.00	4194.	3141.	129.	7206.	3605.
19.50	4394.	3190.	132.	7452.	3733.
20.00	4596.	3223.	136.	7683.	3854.
20.50	4799.	3256.	139.	7916.	3977.
21.00	5005.	3288.	143.	8151.	4100.
21.50	5212.	3321.	146.	8387.	4224.
22.00	5420.	3354.	149.	8625.	4349.
22.50	5630.	3386.	153.	8864.	4475.
23.00	5842.	3419.	156.	9105.	4602.
23.50	6055.	3452.	159.	9348.	4729.
24.00	6270.	3484.	163.	9592.	4858.
24.50	6487.	3517.	166.	9838.	4987.
25.00	6705.	3550.	170.	10085.	5118.
25.50	6925.	3582.	173.	10334.	5249.
26.00	7146.	3615.	176.	10585.	5381.
26.50	7369.	3648.	180.	10837.	5514.
27.00	7593.	3680.	183.	11091.	5648.
27.50	7819.	3713.	187.	11346.	5782.
28.00	8046.	3817.	190.	11672.	5950.
28.50	8272.	3920.	193.	11999.	6117.
29.00	8498.	4003.	197.	12305.	6275.

29.50	8724.	4048.	200.	12572.	6415.
30.00	8950.	4092.	204.	12839.	6555.
30.50	9177.	4136.	207.	13106.	6695.
31.00	9403.	4180.	210.	13373.	6835.
31.50	9629.	4225.	214.	13640.	6975.
32.00	9855.	4269.	217.	13907.	7115.
32.50	10081.	4298.	221.	14159.	7248.
33.00	10308.	4298.	224.	14381.	7368.
33.50	10534.	4298.	227.	14604.	7487.
34.00	10760.	4298.	231.	14827.	7607.
34.50	10986.	4298.	234.	15050.	7726.
35.00	11212.	4298.	238.	15273.	7846.
35.50	11439.	4298.	241.	15495.	7965.
36.00	11665.	4298.	244.	15718.	8085.
36.50	11891.	4298.	248.	15941.	8204.
37.00	12117.	4298.	251.	16164.	8324.
37.50	12343.	4298.	254.	16387.	8444.

Lp = Lunghezza utile del palo  
 Ql1 = Portata laterale limite  
 Qb1 = Portata di base limite  
 Wp = Peso efficace del palo  
 Qu = Portata totale limite  
 Qd = Portata di progetto =  $Q_{l1}/FS,1 + Q_{b1}/FS,b - W_p$

## 6.2 Stratigrafia 2 - Palo D=1200 mm – P34

\*\*\* P A L \*\*\*  
 Programma per l'analisi della capacita' portante  
 assiale di un palo di fondazione

(C) G.Guiducci - Studio SINTESI (RN - Italy)  
 ottobre 2006

pag./ 2

LINEA FS FERRANDINA MATERA  
 VIADOTTO BASENTO P34 PORTANZA PALO D=1200- A1+M1+R3 stratigrafia 2

Quota testa palo da p.c. = 2.50 m  
 Quota falda da p.c. = .00 m  
 Peso di volume del palo = 6.00 kN/m<sup>3</sup>  
 Fattore di sicurezza portata laterale = 1.84 (FS,1)  
 Fattore di sicurezza portata di base = 2.16 (FS,b)

Elemento cilindrico, Diametro fusto = 1200. mm

Criterio per la determinazione della portata di base in uno strato "i"  
 quando la  $Q_{b,i}$  ad esso attribuibile e' superiore a quella degli  
 strati adiacenti:

La base del palo deve essere situata almeno:  $3.0 * 1.200 = 3.60$  m  
 entro lo strato se quello sovrastante e' piu' debole



**Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di  
Matera con la rete ferroviaria nazionale**

PROGETTO DEFINITIVO

*Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni  
VI01*

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENT	REV.	FOGLIO
IA5F	03	D09 GE	VI 0100001	A	39 di 58

La base del palo deve essere situata almeno:  $3.0 * 1.200 = 3.60$  m  
sopra lo strato sottostante se esso e' piu' debole

La variazione di  $Q_b$  viene assunta lineare dal passaggio di strato

LINEA FS FERRANDINA MATERA  
VIADOTTO BASENTO P34 PORTANZA PALO D=1200- A1+M1+R3 stratigrafia 2

DEFINIZIONE PARAMETRI E CRITERI DI CALCOLO PER GLI STRATI DI TERRENO

Strato 1 "a2s " (Incoerente) da .00 a 6.50 m

$$G_n = 19.0 \text{ kN/m}^3 \quad G_e = 9.0 \text{ kN/m}^3$$

$$\tau = K * \tan(\delta) * S'v < 150.0 \text{ kPa}$$

$$K = .60 \quad \delta = 32.0 \text{ deg}$$

$$Q_b = 12.0 * S'v < 4300. \text{ kPa}$$

Strato 2 "a2 " (Incoerente) da 6.50 a 13.00 m

$$G_n = 19.0 \text{ kN/m}^3 \quad G_e = 9.0 \text{ kN/m}^3$$

$$\tau = K * \tan(\delta) * S'v < 150.0 \text{ kPa}$$

$$K = .60 \quad \delta = 37.0 \text{ deg}$$

$$Q_b = 23.0 * S'v < 5800. \text{ kPa}$$

Strato 3 "ASP " (Coesivo) da 13.00 a 22.00 m

$$G_n = 19.0 \text{ kN/m}^3 \quad G_e = 9.0 \text{ kN/m}^3$$

$$\tau = \alpha * C_u < 120.0 \text{ kPa}$$

Criterio  $\alpha(C_u)$  nel seguito

$$\tau > .23 * S'v$$

$$\tau < .55 * S'v$$

$$Q_b = 9.0 * C_u + S_v < 3800. \text{ kPa}$$

$$C_u \text{ variabile lin. da } 200.0 \text{ a } 267.0 \text{ kPa}$$



pag./ 4

LINEA FS FERRANDINA MATERA  
VIADOTTO BASENTO P34 PORTANZA PALO D=1200- A1+M1+R3 stratigrafia 2

DEFINIZIONE PARAMETRI E CRITERI DI CALCOLO PER GLI STRATI DI TERRENO

Strato 4 "ASP " (Coesivo) da 22.00 a 30.00 m

$$\begin{aligned}G_n &= 19.5 \text{ kN/m}^3 & G_e &= 9.5 \text{ kN/m}^3 \\ \tau &= \alpha \cdot C_u < 120.0 \text{ kPa} & \text{Criterio } \alpha(C_u) & \text{nel seguito} \\ \tau &> .23 \cdot S'v & \\ \tau &< .55 \cdot S'v & \\ Q_b &= 9.0 \cdot C_u + S_v < 3800. \text{ kPa} \\ C_u & \text{variabile lin. da } 267.0 \text{ a } 301.0 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Strato 5 "ASP " (Coesivo) da 30.00 a 40.00 m

$$\begin{aligned}G_n &= 19.5 \text{ kN/m}^3 & G_e &= 9.5 \text{ kN/m}^3 \\ \tau &= \alpha \cdot C_u < 120.0 \text{ kPa} & \text{Criterio } \alpha(C_u) & \text{nel seguito} \\ \tau &> .23 \cdot S'v & \\ \tau &< .55 \cdot S'v & \\ Q_b &= 9.0 \cdot C_u + S_v < 3800. \text{ kPa} \\ C_u & \text{variabile lin. da } 350.0 \text{ a } 392.0 \text{ kPa} \end{aligned}$$

pag./ 5

LINEA FS FERRANDINA MATERA  
VIADOTTO BASENTO P34 PORTANZA PALO D=1200- A1+M1+R3 stratigrafia 2

MOLTIPLICATORI per i parametri di calcolo

strato	Molt. Tau	Molt. Qb	Molt. Cu
1 "a2s "	1.00	1.00	-
2 "a2 "	1.00	1.00	-
3 "ASP "	1.00	1.00	1.00
4 "ASP "	1.00	1.00	1.00
5 "ASP "	1.00	1.00	1.00

NOTA: i moltiplicatori non influenzano le limitazioni superiori o inferiori dei parametri

Per terreni coesivi: Criterio  $\tau = \alpha \cdot C_u$

Cu kPa	alfa -
.0	.90
25.0	.90
25.1	.80
50.0	.80
51.0	.60
75.0	.60
75.1	.40
300.0	.40

LINEA FS FERRANDINA MATERA  
VIADOTTO BASENTO P34 PORTANZA PALO D=1200- A1+M1+R3 stratigrafia 2

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
2.50	22.5	47.5	--	.37	8.4	270.
3.00	27.0	57.0	--	.37	10.1	324.
3.50	31.5	66.5	--	.37	11.8	378.
4.00	36.0	76.0	--	.37	13.5	432.
4.50	40.5	85.5	--	.37	15.2	486.
5.00	45.0	95.0	--	.37	16.9	540.
5.50	49.5	104.5	--	.37	18.6	594.
6.00	54.0	114.0	--	.37	20.2	648.
6.50	58.5	123.5	--	.41	24.2	702.
7.00	63.0	133.0	--	.45	28.5	897.
7.50	67.5	142.5	--	.45	30.5	1093.
8.00	72.0	152.0	--	.45	32.6	1288.
8.50	76.5	161.5	--	.45	34.6	1484.
9.00	81.0	171.0	--	.45	36.6	1679.
9.50	85.5	180.5	--	.45	38.7	1875.
10.00	90.0	190.0	--	.45	40.7	1991.
10.50	94.5	199.5	--	.45	42.7	2001.
11.00	99.0	209.0	--	.45	44.8	2010.
11.50	103.5	218.5	--	.45	46.8	2019.
12.00	108.0	228.0	--	.45	48.8	2028.
12.50	112.5	237.5	--	.45	50.9	2038.
13.00	117.0	247.0	--	.50	58.6	2047.
13.50	121.5	256.5	203.7	.55	66.8	2090.
14.00	126.0	266.0	207.4	.55	69.3	2133.
14.50	130.5	275.5	211.2	.55	71.8	2176.
15.00	135.0	285.0	214.9	.55	74.3	2219.
15.50	139.5	294.5	218.6	.55	76.7	2262.
16.00	144.0	304.0	222.3	.55	79.2	2305.
16.50	148.5	313.5	226.1	.55	81.7	2348.
17.00	153.0	323.0	229.8	.55	84.2	2391.

pag. / 7

 LINEA FS FERRANDINA MATERA  
 VIADOTTO BASENTO P34 PORTANZA PALO D=1200- A1+M1+R3 stratigrafia 2

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
17.50	157.5	332.5	233.5	.55	86.6	2434.
18.00	162.0	342.0	237.2	.55	89.1	2477.
18.50	166.5	351.5	240.9	.55	91.6	2520.
19.00	171.0	361.0	244.7	.55	94.1	2563.
19.50	175.5	370.5	248.4	.55	96.5	2606.
20.00	180.0	380.0	252.1	.55	99.0	2649.
20.50	184.5	389.5	255.8	.55	101.5	2692.
21.00	189.0	399.0	259.6	.55	103.8	2735.
21.50	193.5	408.5	263.3	.54	105.3	2778.
22.00	198.0	418.0	267.0	.54	106.8	2821.
22.50	202.8	427.8	269.1	.53	107.7	2850.
23.00	207.5	437.5	271.3	.52	108.5	2879.
23.50	212.3	447.3	273.4	.52	109.3	2908.
24.00	217.0	457.0	275.5	.51	110.2	2937.
24.50	221.8	466.8	277.6	.50	111.1	2965.
25.00	226.5	476.5	279.8	.49	111.9	2994.
25.50	231.3	486.3	281.9	.49	112.8	3023.
26.00	236.0	496.0	284.0	.48	113.6	3052.
26.50	240.8	505.8	286.1	.48	114.5	3081.
27.00	245.5	515.5	288.3	.47	115.3	3110.
27.50	250.3	525.3	290.4	.46	116.2	3139.
28.00	255.0	535.0	292.5	.46	117.0	3168.
28.50	259.8	544.8	294.6	.45	117.8	3196.
29.00	264.5	554.5	296.8	.45	118.7	3225.
29.50	269.3	564.3	298.9	.44	119.6	3254.
30.00	274.0	574.0	301.0	.44	120.0	3283.
30.50	278.8	583.8	352.1	.43	120.0	3375.
31.00	283.5	593.5	354.2	.42	120.0	3466.
31.50	288.3	603.3	356.3	.42	120.0	3540.
32.00	293.0	613.0	358.4	.41	120.0	3579.

pag./ 8

LINEA FS FERRANDINA MATERA  
VIADOTTO BASENTO P34 PORTANZA PALO D=1200- A1+M1+R3 stratigrafia 2

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
32.50	297.8	622.8	360.5	.40	120.0	3618.
33.00	302.5	632.5	362.6	.40	120.0	3657.
33.50	307.3	642.3	364.7	.39	120.0	3696.
34.00	312.0	652.0	366.8	.38	120.0	3735.
34.50	316.8	661.8	368.9	.38	120.0	3774.
35.00	321.5	671.5	371.0	.37	120.0	3800.
35.50	326.3	681.3	373.1	.37	120.0	3800.
36.00	331.0	691.0	375.2	.36	120.0	3800.
36.50	335.8	700.8	377.3	.36	120.0	3800.
37.00	340.5	710.5	379.4	.35	120.0	3800.
37.50	345.3	720.3	381.5	.35	120.0	3800.
38.00	350.0	730.0	383.6	.34	120.0	3800.
38.50	354.8	739.8	385.7	.34	120.0	3800.
39.00	359.5	749.5	387.8	.33	120.0	3800.
39.50	364.3	759.3	389.9	.33	120.0	3800.
40.00	369.0	769.0	392.0	.33	120.0	3800.

zz = Profondita' da piano campagna  
S'v = Tensione verticale efficace  
Sv = Tensione verticale totale  
Cu = Coesione non drenata  
Tau = Tensione di adesione laterale limite  
qb = Portata di base limite unitaria

LINEA FS FERRANDINA MATERA  
 VIADOTTO BASENTO P34 PORTANZA PALO D=1200- A1+M1+R3 stratigrafia 2

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Q11 kN	Qbl kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
.00	0.	305.	0.	305.	141.
.50	17.	366.	3.	381.	176.
1.00	38.	428.	7.	459.	212.
1.50	62.	489.	10.	540.	250.
2.00	89.	550.	14.	625.	289.
2.50	119.	611.	17.	713.	331.
3.00	153.	672.	20.	804.	374.
3.50	189.	733.	24.	898.	418.
4.00	230.	794.	27.	997.	465.
4.50	281.	1015.	31.	1265.	592.
5.00	336.	1236.	34.	1538.	721.
5.50	396.	1457.	37.	1815.	852.
6.00	459.	1678.	41.	2096.	986.
6.50	526.	1899.	44.	2381.	1121.
7.00	597.	2120.	48.	2670.	1259.
7.50	672.	2252.	51.	2873.	1357.
8.00	751.	2263.	54.	2959.	1401.
8.50	833.	2273.	58.	3048.	1447.
9.00	919.	2284.	61.	3142.	1496.
9.50	1009.	2294.	64.	3239.	1546.
10.00	1103.	2305.	68.	3340.	1599.
10.50	1204.	2315.	71.	3448.	1655.
11.00	1325.	2364.	75.	3614.	1740.
11.50	1453.	2412.	78.	3787.	1829.
12.00	1586.	2461.	81.	3966.	1920.
12.50	1724.	2510.	85.	4148.	2014.
13.00	1866.	2558.	88.	4336.	2110.
13.50	2013.	2607.	92.	4528.	2209.
14.00	2165.	2656.	95.	4725.	2311.
14.50	2321.	2704.	98.	4927.	2415.
15.00	2482.	2753.	102.	5133.	2521.
15.50	2647.	2801.	105.	5344.	2631.
16.00	2818.	2850.	109.	5559.	2742.
16.50	2993.	2899.	112.	5779.	2856.
17.00	3172.	2947.	115.	6004.	2973.
17.50	3357.	2996.	119.	6234.	3092.
18.00	3545.	3045.	122.	6468.	3214.
18.50	3739.	3093.	126.	6707.	3339.
19.00	3936.	3142.	129.	6949.	3465.
19.50	4136.	3190.	132.	7194.	3593.
20.00	4338.	3223.	136.	7426.	3714.
20.50	4542.	3256.	139.	7659.	3837.
21.00	4747.	3288.	143.	7893.	3960.
21.50	4954.	3321.	146.	8129.	4084.
22.00	5163.	3354.	149.	8367.	4209.
22.50	5373.	3386.	153.	8606.	4335.
23.00	5584.	3419.	156.	8847.	4462.
23.50	5798.	3452.	159.	9090.	4590.
24.00	6013.	3484.	163.	9334.	4718.
24.50	6229.	3517.	166.	9580.	4847.
25.00	6447.	3550.	170.	9827.	4978.
25.50	6667.	3582.	173.	10076.	5109.
26.00	6888.	3615.	176.	10327.	5241.
26.50	7111.	3648.	180.	10579.	5374.
27.00	7336.	3680.	183.	10833.	5508.
27.50	7562.	3713.	187.	11088.	5642.
28.00	7788.	3817.	190.	11415.	5810.
28.50	8014.	3920.	193.	11741.	5977.
29.00	8241.	4003.	197.	12047.	6135.

29.50	8467.	4048.	200.	12314.	6275.
30.00	8693.	4092.	204.	12581.	6415.
30.50	8919.	4136.	207.	12848.	6555.
31.00	9145.	4180.	210.	13115.	6695.
31.50	9372.	4225.	214.	13382.	6835.
32.00	9598.	4269.	217.	13649.	6975.
32.50	9824.	4298.	221.	13901.	7108.
33.00	10050.	4298.	224.	14124.	7228.
33.50	10276.	4298.	227.	14347.	7347.
34.00	10502.	4298.	231.	14569.	7467.
34.50	10729.	4298.	234.	14792.	7586.
35.00	10955.	4298.	238.	15015.	7706.
35.50	11181.	4298.	241.	15238.	7825.
36.00	11407.	4298.	244.	15461.	7945.
36.50	11633.	4298.	248.	15683.	8065.
37.00	11860.	4298.	251.	15906.	8184.
37.50	12086.	4298.	254.	16129.	8304.

Lp = Lunghezza utile del palo  
 Ql1 = Portata laterale limite  
 Qb1 = Portata di base limite  
 Wp = Peso efficace del palo  
 Qu = Portata totale limite  
 Qd = Portata di progetto =  $Q_{l1}/FS,1 + Q_{b1}/FS,b - W_p$

### 6.3 Stratigrafia 3 - Palo D=1200 mm – P36

\*\*\* P A L \*\*\*  
 Programma per l'analisi della capacita' portante  
 assiale di un palo di fondazione  
 (C) G.Guiducci - Studio SINTESI (RN - Italy)  
 ottobre 2006

pag./ 2

LINEA FS FERRANDINA MATERA  
 VIADOTTO BASENTO P36 PORTANZA PALO D=1200- A1+M1+R3 stratigrafia 2

Quota testa palo da p.c. = 2.50 m  
 Quota falda da p.c. = .00 m  
 Peso di volume del palo = 6.00 kN/m<sup>3</sup>  
 Fattore di sicurezza portata laterale = 1.84 (FS,1)  
 Fattore di sicurezza portata di base = 2.16 (FS,b)

Elemento cilindrico, Diametro fusto = 1200. mm

Criterio per la determinazione della portata di base in uno strato "i"  
 quando la  $Q_{b,i}$  ad esso attribuibile e' superiore a quella degli  
 strati adiacenti:

La base del palo deve essere situata almeno:  $3.0 * 1.200 = 3.60$  m  
 entro lo strato se quello sovrastante e' piu' debole



**Nuova linea Ferrandina – Matera La Martella per il collegamento di  
Matera con la rete ferroviaria nazionale**

PROGETTO DEFINITIVO

*Relazione geotecnica e di calcolo delle fondazioni  
VI01*

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENT	REV.	FOGLIO
IA5F	03	D09 GE	VI 0100001	A	48 di 58

La base del palo deve essere situata almeno:  $3.0 * 1.200 = 3.60$  m  
sopra lo strato sottostante se esso e' piu' debole

La variazione di  $Q_b$  viene assunta lineare dal passaggio di strato



LINEA FS FERRANDINA MATERA  
VIADOTTO BASENTO P36 PORTANZA PALO D=1200- A1+M1+R3 stratigrafia 2

DEFINIZIONE PARAMETRI E CRITERI DI CALCOLO PER GLI STRATI DI TERRENO

Strato 1 "a2s " (Incoerente) da .00 a 9.00 m

$$G_n = 19.0 \text{ kN/m}^3 \quad G_e = 9.0 \text{ kN/m}^3$$

$$\tau = K * \tan(\delta) * S'v < 150.0 \text{ kPa}$$

$$K = .60 \quad \delta = 32.0 \text{ deg}$$

$$Q_b = 12.0 * S'v < 4300. \text{ kPa}$$

Strato 2 "a2 " (Incoerente) da 9.00 a 14.00 m

$$G_n = 19.0 \text{ kN/m}^3 \quad G_e = 9.0 \text{ kN/m}^3$$

$$\tau = K * \tan(\delta) * S'v < 150.0 \text{ kPa}$$

$$K = .60 \quad \delta = 37.0 \text{ deg}$$

$$Q_b = 23.0 * S'v < 5800. \text{ kPa}$$

Strato 3 "ASP " (Coesivo) da 14.00 a 22.00 m

$$G_n = 19.0 \text{ kN/m}^3 \quad G_e = 9.0 \text{ kN/m}^3$$

$$\tau = \alpha * C_u < 120.0 \text{ kPa}$$

Criterio  $\alpha(C_u)$  nel seguito

$$\tau > .23 * S'v$$

$$\tau < .55 * S'v$$

$$Q_b = 9.0 * C_u + S_v < 3800. \text{ kPa}$$

$$C_u \text{ variabile lin. da } 210.0 \text{ a } 267.0 \text{ kPa}$$

pag./ 4

LINEA FS FERRANDINA MATERA  
VIADOTTO BASENTO P36 PORTANZA PALO D=1200- A1+M1+R3 stratigrafia 2

DEFINIZIONE PARAMETRI E CRITERI DI CALCOLO PER GLI STRATI DI TERRENO

Strato 4 "ASP " (Coesivo) da 22.00 a 30.00 m

Gn = 19.5 kN/m<sup>3</sup>                      Ge = 9.5 kN/m<sup>3</sup>

Tau = alfa \* Cu < 120.0 kPa                      Criterio alfa(Cu) nel seguito

    Tau > .23 \* S'v

    Tau < .55 \* S'v

Qb = 9.0 \* Cu + Sv < 3800. kPa

Cu variabile lin. da 267.0 a 301.0 kPa

Strato 5 "ASP " (Coesivo) da 30.00 a 40.00 m

Gn = 19.5 kN/m<sup>3</sup>                      Ge = 9.5 kN/m<sup>3</sup>

Tau = alfa \* Cu < 120.0 kPa                      Criterio alfa(Cu) nel seguito

    Tau > .23 \* S'v

    Tau < .55 \* S'v

Qb = 9.0 \* Cu + Sv < 3800. kPa

Cu variabile lin. da 350.0 a 392.0 kPa

pag./ 5

LINEA FS FERRANDINA MATERA  
VIADOTTO BASENTO P36 PORTANZA PALO D=1200- A1+M1+R3 stratigrafia 2

MOLTIPLICATORI per i parametri di calcolo

strato	Molt. Tau	Molt. Qb	Molt. Cu
1 "a2s "	1.00	1.00	-
2 "a2 "	1.00	1.00	-
3 "ASP "	1.00	1.00	1.00
4 "ASP "	1.00	1.00	1.00
5 "ASP "	1.00	1.00	1.00

NOTA: i moltiplicatori non influenzano le limitazioni superiori o inferiori dei parametri

Per terreni coesivi: Criterio  $\tau = \alpha \cdot c_u$

Cu kPa	alfa -
.0	.90
25.0	.90
25.1	.80
50.0	.80
51.0	.60
75.0	.60
75.1	.40
300.0	.40

LINEA FS FERRANDINA MATERA  
VIADOTTO BASENTO P36 PORTANZA PALO D=1200- A1+M1+R3 stratigrafia 2

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
2.50	22.5	47.5	--	.37	8.4	270.
3.00	27.0	57.0	--	.37	10.1	324.
3.50	31.5	66.5	--	.37	11.8	378.
4.00	36.0	76.0	--	.37	13.5	432.
4.50	40.5	85.5	--	.37	15.2	486.
5.00	45.0	95.0	--	.37	16.9	540.
5.50	49.5	104.5	--	.37	18.6	594.
6.00	54.0	114.0	--	.37	20.2	648.
6.50	58.5	123.5	--	.37	21.9	702.
7.00	63.0	133.0	--	.37	23.6	756.
7.50	67.5	142.5	--	.37	25.3	810.
8.00	72.0	152.0	--	.37	27.0	864.
8.50	76.5	161.5	--	.37	28.7	918.
9.00	81.0	171.0	--	.41	33.5	972.
9.50	85.5	180.5	--	.45	38.7	1203.
10.00	90.0	190.0	--	.45	40.7	1434.
10.50	94.5	199.5	--	.45	42.7	1664.
11.00	99.0	209.0	--	.45	44.8	1841.
11.50	103.5	218.5	--	.45	46.8	2017.
12.00	108.0	228.0	--	.45	48.8	2193.
12.50	112.5	237.5	--	.45	50.9	2184.
13.00	117.0	247.0	--	.45	52.9	2175.
13.50	121.5	256.5	--	.45	54.9	2165.
14.00	126.0	266.0	--	.50	63.1	2156.
14.50	130.5	275.5	213.6	.55	71.8	2198.
15.00	135.0	285.0	217.1	.55	74.3	2239.
15.50	139.5	294.5	220.7	.55	76.7	2281.
16.00	144.0	304.0	224.3	.55	79.2	2322.
16.50	148.5	313.5	227.8	.55	81.7	2364.
17.00	153.0	323.0	231.4	.55	84.2	2405.

LINEA FS FERRANDINA MATERA  
VIADOTTO BASENTO P36 PORTANZA PALO D=1200- A1+M1+R3 stratigrafia 2

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
17.50	157.5	332.5	234.9	.55	86.6	2447.
18.00	162.0	342.0	238.5	.55	89.1	2489.
18.50	166.5	351.5	242.1	.55	91.6	2530.
19.00	171.0	361.0	245.6	.55	94.1	2572.
19.50	175.5	370.5	249.2	.55	96.5	2613.
20.00	180.0	380.0	252.8	.55	99.0	2655.
20.50	184.5	389.5	256.3	.55	101.5	2696.
21.00	189.0	399.0	259.9	.55	104.0	2738.
21.50	193.5	408.5	263.4	.54	105.4	2779.
22.00	198.0	418.0	267.0	.54	106.8	2821.
22.50	202.8	427.8	269.1	.53	107.7	2850.
23.00	207.5	437.5	271.3	.52	108.5	2879.
23.50	212.3	447.3	273.4	.52	109.3	2908.
24.00	217.0	457.0	275.5	.51	110.2	2937.
24.50	221.8	466.8	277.6	.50	111.1	2965.
25.00	226.5	476.5	279.8	.49	111.9	2994.
25.50	231.3	486.3	281.9	.49	112.8	3023.
26.00	236.0	496.0	284.0	.48	113.6	3052.
26.50	240.8	505.8	286.1	.48	114.5	3081.
27.00	245.5	515.5	288.3	.47	115.3	3110.
27.50	250.3	525.3	290.4	.46	116.2	3139.
28.00	255.0	535.0	292.5	.46	117.0	3168.
28.50	259.8	544.8	294.6	.45	117.8	3196.
29.00	264.5	554.5	296.8	.45	118.7	3225.
29.50	269.3	564.3	298.9	.44	119.6	3254.
30.00	274.0	574.0	301.0	.44	120.0	3283.
30.50	278.8	583.8	352.1	.43	120.0	3375.
31.00	283.5	593.5	354.2	.42	120.0	3466.
31.50	288.3	603.3	356.3	.42	120.0	3540.
32.00	293.0	613.0	358.4	.41	120.0	3579.

pag./ 8

LINEA FS FERRANDINA MATERA  
VIADOTTO BASENTO P36 PORTANZA PALO D=1200- A1+M1+R3 stratigrafia 2

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
32.50	297.8	622.8	360.5	.40	120.0	3618.
33.00	302.5	632.5	362.6	.40	120.0	3657.
33.50	307.3	642.3	364.7	.39	120.0	3696.
34.00	312.0	652.0	366.8	.38	120.0	3735.
34.50	316.8	661.8	368.9	.38	120.0	3774.
35.00	321.5	671.5	371.0	.37	120.0	3800.
35.50	326.3	681.3	373.1	.37	120.0	3800.
36.00	331.0	691.0	375.2	.36	120.0	3800.
36.50	335.8	700.8	377.3	.36	120.0	3800.
37.00	340.5	710.5	379.4	.35	120.0	3800.
37.50	345.3	720.3	381.5	.35	120.0	3800.
38.00	350.0	730.0	383.6	.34	120.0	3800.
38.50	354.8	739.8	385.7	.34	120.0	3800.
39.00	359.5	749.5	387.8	.33	120.0	3800.
39.50	364.3	759.3	389.9	.33	120.0	3800.
40.00	369.0	769.0	392.0	.33	120.0	3800.

zz = Profondita' da piano campagna  
S'v = Tensione verticale efficace  
Sv = Tensione verticale totale  
Cu = Coesione non drenata  
Tau = Tensione di adesione laterale limite  
qb = Portata di base limite unitaria

LINEA FS FERRANDINA MATERA  
 VIADOTTO BASENTO P36 PORTANZA PALO D=1200- A1+M1+R3 stratigrafia 2

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Q11 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
.00	0.	305.	0.	305.	141.
.50	17.	366.	3.	381.	176.
1.00	38.	428.	7.	459.	212.
1.50	62.	489.	10.	540.	250.
2.00	89.	550.	14.	625.	289.
2.50	119.	611.	17.	713.	331.
3.00	153.	672.	20.	804.	374.
3.50	189.	733.	24.	898.	418.
4.00	229.	794.	27.	996.	465.
4.50	272.	855.	31.	1096.	513.
5.00	318.	916.	34.	1200.	563.
5.50	367.	977.	37.	1307.	615.
6.00	420.	1038.	41.	1417.	668.
6.50	477.	1099.	44.	1532.	724.
7.00	546.	1360.	48.	1859.	879.
7.50	621.	1621.	51.	2192.	1037.
8.00	700.	1882.	54.	2528.	1197.
8.50	782.	2082.	58.	2806.	1331.
9.00	869.	2281.	61.	3088.	1467.
9.50	959.	2480.	64.	3374.	1605.
10.00	1053.	2470.	68.	3455.	1648.
10.50	1150.	2459.	71.	3539.	1693.
11.00	1252.	2449.	75.	3626.	1740.
11.50	1360.	2438.	78.	3721.	1790.
12.00	1490.	2485.	81.	3894.	1879.
12.50	1628.	2532.	85.	4076.	1972.
13.00	1770.	2579.	88.	4262.	2068.
13.50	1917.	2626.	92.	4452.	2166.
14.00	2069.	2673.	95.	4647.	2267.
14.50	2225.	2720.	98.	4847.	2370.
15.00	2386.	2767.	102.	5052.	2476.
15.50	2552.	2814.	105.	5261.	2585.
16.00	2722.	2861.	109.	5475.	2696.
16.50	2897.	2908.	112.	5694.	2809.
17.00	3077.	2955.	115.	5917.	2925.
17.50	3261.	3002.	119.	6145.	3044.
18.00	3450.	3049.	122.	6377.	3165.
18.50	3643.	3096.	126.	6614.	3288.
19.00	3841.	3143.	129.	6855.	3414.
19.50	4041.	3190.	132.	7099.	3541.
20.00	4243.	3223.	136.	7330.	3662.
20.50	4447.	3256.	139.	7563.	3785.
21.00	4652.	3288.	143.	7798.	3908.
21.50	4859.	3321.	146.	8034.	4032.
22.00	5067.	3354.	149.	8272.	4157.
22.50	5277.	3386.	153.	8511.	4283.
23.00	5489.	3419.	156.	8752.	4410.
23.50	5703.	3452.	159.	8995.	4538.
24.00	5917.	3484.	163.	9239.	4666.
24.50	6134.	3517.	166.	9485.	4796.
25.00	6352.	3550.	170.	9732.	4926.
25.50	6572.	3582.	173.	9981.	5057.
26.00	6793.	3615.	176.	10232.	5189.
26.50	7016.	3648.	180.	10484.	5322.
27.00	7241.	3680.	183.	10738.	5456.
27.50	7467.	3713.	187.	10993.	5590.
28.00	7693.	3817.	190.	11319.	5758.
28.50	7919.	3920.	193.	11646.	5925.
29.00	8145.	4003.	197.	11952.	6083.

29.50	8371.	4048.	200.	12219.	6223.
30.00	8598.	4092.	204.	12486.	6363.
30.50	8824.	4136.	207.	12753.	6503.
31.00	9050.	4180.	210.	13020.	6643.
31.50	9276.	4225.	214.	13287.	6783.
32.00	9502.	4269.	217.	13554.	6924.
32.50	9729.	4298.	221.	13806.	7056.
33.00	9955.	4298.	224.	14029.	7176.
33.50	10181.	4298.	227.	14251.	7296.
34.00	10407.	4298.	231.	14474.	7415.
34.50	10633.	4298.	234.	14697.	7535.
35.00	10860.	4298.	238.	14920.	7654.
35.50	11086.	4298.	241.	15143.	7774.
36.00	11312.	4298.	244.	15365.	7893.
36.50	11538.	4298.	248.	15588.	8013.
37.00	11764.	4298.	251.	15811.	8132.
37.50	11991.	4298.	254.	16034.	8252.

Lp = Lunghezza utile del palo

Ql1 = Portata laterale limite

Qb1 = Portata di base limite

Wp = Peso efficace del palo

Qu = Portata totale limite

Qd = Portata di progetto =  $Q_{l1}/FS_{,l} + Q_{b1}/FS_{,b} - W_p$



## 7. APPENDICE B: PARAMETRO $\alpha_M$ PER MOMENTO LUNGO IL PALO. TABULATI DI CALCOLO LPAL

### 7.1.1 Stratigrafia 1 - D=1200 mm

LINEA FERRANDINA MATERA  
VI BASENTO D1200

Lunghezza palo Lp = 32.00 m  
 Diametro palo D = 1.20 m  
 Modulo elastico palo Ep = 30000000. kPa  
 Rigidezza flessionale palo EJ = 3053629. kN\*m2

Definizione del modulo di reazione del terreno E

Prof. m	E kN/m2
.00	20000.0
4.00	52000.0
4.10	52550.0
19.50	93450.0
19.51	93450.0
27.50	105350.0
27.51	120000.0
37.50	120000.0

Azioni/Spostamenti a testa palo

Forza orizzontale To = 100.00 kN  
 Rigidezza a traslazione Kyo = 0. kN/m  
 Rotazione Rpo = .000 mRad

Sollecitazioni, deformazioni e pressioni mobilitate  
lungo il fusto del palo

prof. m	T kN	M kN*m	Yp mm	Rp mRad	Pr kN/m
.00	100.00	-234.05	.652	.000	13.68
1.00	84.51	-141.34	.618	.061	17.32
2.00	66.01	-65.82	.538	.095	19.38
3.00	46.59	-9.55	.436	.107	19.20
4.00	28.31	27.64	.330	.103	17.18
5.00	13.31	47.90	.233	.091	12.79
6.00	2.61	55.35	.151	.073	8.67
7.00	-4.27	54.09	.086	.055	5.19
8.00	-8.23	47.58	.039	.039	2.47
9.60	-9.58	32.58	-.005	.018	-.32
11.20	-7.97	18.15	-.021	.004	-1.53
12.80	-5.31	7.48	-.023	-.002	-1.70
14.40	-2.83	1.08	-.017	-.004	-1.35
16.00	-.95	-1.88	-.010	-.004	-.86
18.67	.30	-2.32	-.002	-.002	-.21
21.33	.43	-1.11	.001	.000	.06
24.00	.20	-.22	.001	.000	.09
28.00	.00	.09	.000	.000	.02
32.00	.00	.00	.000	.000	-.02

## 7.1.2 Stratigrafia 2 e 3 - D=1200 mm

LINEA FERRANDINA MATERA  
VI BASENTO D1200

Lunghezza palo Lp = 37.00 m  
 Diametro palo D = 1.20 m  
 Modulo elastico palo Ep = 30000000. kPa  
 Rigidezza flessionale palo EJ = 3053629. kN\*m2

Definizione del modulo di reazione del terreno E

Prof. m	E kN/m2
.00	15000.0
6.50	54000.0
6.51	72000.0
11.50	112000.0
11.51	73500.0
19.50	93450.0
27.50	105350.0
27.51	120000.0
37.50	120000.0

Azioni/Spostamenti a testa palo

Forza orizzontale To = 100.00 kN  
 Rigidezza a traslazione Kyo = 0. kN/m  
 Rotazione Rpo = .000 mRad

Sollecitazioni, deformazioni e pressioni mobilitate  
lungo il fusto del palo

prof. m	T kN	M kN*m	Yp mm	Rp mRad	Pr kN/m
.00	100.00	-252.24	.780	.000	12.37
1.16	83.58	-145.50	.732	.075	16.07
2.31	63.74	-60.02	.621	.113	17.92
3.47	43.25	1.72	.481	.124	17.24
4.63	24.72	40.58	.342	.115	14.61
5.78	9.92	59.99	.219	.096	10.89
6.94	-1.03	64.85	.122	.072	9.22
8.09	-8.89	58.32	.053	.048	4.49
9.25	-11.96	45.70	.009	.028	.85
11.10	-10.10	23.96	-.022	.008	-2.42
12.95	-6.25	9.02	-.026	-.002	-1.99
14.80	-2.97	.70	-.018	-.005	-1.51
16.65	-.81	-2.50	-.010	-.004	-.84
18.50	.28	-2.81	-.003	-.003	-.31
21.58	.49	-1.24	.001	.000	.07
24.67	.21	-.15	.001	.000	.09
27.75	.02	.14	.000	.000	.03
32.37	-.02	.04	.000	.000	-.01
37.00	.00	.00	.000	.000	.00