

## COMUNE DI ANCONA

RIQUALIFICAZIONE PIAZZA TRA VIA DELL'ARTIGIANATO E  
VIA DELL'INDUSTRIA  
QUARTIERE PALOMBARE

Committente: COMUNE DI ANCONA	Professionista Incaricato: Ing. MICHELE VIGLIONE	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">         Ordine degli Ingegneri della provincia di ANCONA  <b>Ing. Michele VIGLIONE</b>          A 1427          Ingegneria Civile e Ambientale,          Industriale e dell'Informazione       </div>
Codice archivio: 042002_002_2017	Oggetto dell'elaborato:	Documento n° <b>12</b>
Data emissione:  12/03/2018	<b>RELAZIONE GEOTECNICA E RELAZIONE SULLE FONDAZIONI</b>	Revisione:
Data agg:		

**ISP Engineering S.r.l.**

Via L. Albertini 36 B/8 60131 - Ancona (AN)  
P.I.: 02489410429  
Tel/Fax: 071 2868320  
E mail: ufficiotecnico@ispengineering.com

# RELAZIONE GEOTECNICA E DELLE FONDAZIONI

## NORMATIVE DI RIFERIMENTO

In quanto di seguito riportato viene fatto esplicito riferimento alle seguenti Normative:

- **LEGGE n° 64 del 02/02/1974.** "Provvedimenti per le costruzioni, con particolari prescrizioni per le zone sismiche.";
- **D.M. LL.PP. del 11/03/1988.** "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.";
- **D.M. LL.PP. del 16/01/1996.** "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche.";
- **Circolare Ministeriale LL.PP. n° 65/AA.GG. del 10/04/1997.** "Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. 16/01/1996.";
- **Eurocodice 1 - Parte 1** - "Basi di calcolo ed azioni sulle strutture - Basi di calcolo -.";
- **Eurocodice 7 - Parte 1** - "Progettazione geotecnica - Regole generali -.";
- **Eurocodice 8 - Parte 5** - "Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici -.";
- **D.M. 14/01/2008 - NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI**
- **Circolare n. 617 del 02/02/2009**

## INDAGINI IN SITO E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE

La finalità della presente relazione è quella di definire il comportamento meccanico del volume di terreno (volume significativo) influenzato direttamente o indirettamente dalla costruzione di un manufatto e che a sua volta influenza il comportamento strutturale del manufatto stesso. Di seguito si illustrano i risultati delle indagini geologiche eseguite, nonché l'interpretazione dei risultati ottenuti. Dal quadro generale in tal modo scaturito si definiscono le caratteristiche della fondazione da adottare ed il modello da utilizzare per le elaborazioni relative alla interazione sovrastruttura-fondazione e fondazione-terreno.

Le risultanze dell'indagine in sito hanno evidenziato che:

La stratigrafia risulta essere:

UNITÀ LITOTECNICA	LITOLOGIA	PROFONDITÀ	SPESSORE
1	COLLUVIONE ALTERATA E DECOMPRESSA Limo e limo deb.sabbioso PLASTICO	0,0÷8,0 M	8,0 M
2	FORMAZIONE ALTERATA Limo argilloso nocciola fratturato	8,0÷14,5 M	6,5 M
3	FORMAZIONE INALTERATA Argilla limosa compatta	14,50	-

Le caratteristiche geotecniche dei terreni risultano essere:

UNITÀ LITOTECNICA	gr/cm <sup>3</sup> γ Peso di volume	° φ Angolo di attrito eff.	kPa C' Coesione efficace	T/mq Cu Coes. non drenata
1	1,9	20	20	5
2	2	21	33	15
3	2.1	24	45	>30

Sono presenti acque sotterranee sia nei depositi del substrato sia in quelle delle coperture.

Le condizioni topografiche del sito possono essere assimilate alla categoria topografica T1.

La categoria di sottosuolo risulta essere: C

Viste le caratteristiche dei terreni si è optato per un sistema fondale profondo costituito da plinti su monopalo, collegati da cordoli.

Di seguito si riportano alcuni cenni teorici relativi alle modalità di calcolo implementate e la descrizione della simbologia adottata nei tabulati.

## DETERMINAZIONE DELLA PORTANZA VERTICALE DI FONDAZIONI PROFONDE

Per la determinazione della portanza verticale di fondazioni profonde si fa riferimento a due contributi: la "portanza di punta" e la "portanza per attrito laterale". Queste due componenti in genere sono calcolate in maniera autonoma dato che risulta molto difficoltoso, tranne che in poche situazioni, stabilire quanta parte del carico è assorbita dall'attrito laterale e quanta dalla resistenza alla punta. Nel seguito, ai fini del calcolo della portanza verticale, si assumeranno le seguenti espressioni generali valide per il caso di palo soggetto a compressione e per il caso di palo soggetto a trazione (nel calcolo della portanza verticale è possibile tenere in conto tutti o solo uno dei contributi su definiti):

$$Q_C = \frac{Q_P}{\eta_P} + \frac{Q_L}{\eta_L} - W_{ATT.NEG.} - W_P \quad (\text{caso di palo in compressione}) \quad Q_T$$

$$= \frac{Q_L}{\eta_L} + W_P \quad (\text{caso di palo in trazione})$$

dove i simboli su riportati hanno il seguente significato:

- $Q_C$  resistenza a compressione del palo
- $Q_T$  resistenza a trazione del palo
- $Q_P$  carico limite verticale alla punta del palo

- $Q_L$	carico limite verticale lungo la superficie laterale del palo
- $W_{ATT,NEG}$	attrito negativo agente sul palo
- $W_P$	peso totale del palo
- $\eta_{II}$	coefficiente di sicurezza per carico limite verticale alla punta del palo
- $\eta_{\Lambda}$	coefficiente di sicurezza per carico limite verticale lungo la superficie laterale del palo

I valori del carico limite verticale alla punta del palo " $Q_p$ " e del carico limite verticale lungo la superficie laterale del palo " $Q_L$ " sono determinati con le note "formule statiche". Queste esprimono i valori di cui sopra in funzione della geometria del palo, delle caratteristiche geotecniche del terreno in cui è immerso, della modalità esecutiva e dell'interfaccia palo-terreno. Di seguito si illustrano le metodologie con le quali saranno determinati i valori prima citati; è necessario tenere presente che tali metodi sono riferiti al calcolo del "singolo palo" e per estendere tale modalità computazione al caso di "pali in gruppo" si farà ricorso ai "coefficienti d'efficienza", in questo modo si potrà tenere in debito conto l'interferenza reciproca che i pali esercitano.

### CARICO LIMITE VERTICALE ALLA PUNTA DEL PALO

Il valore del carico limite verticale alla punta del palo, indipendentemente dal metodo utilizzato per la sua determinazione, è condizionato dalla modalità esecutiva. Esso varia notevolmente a seconda che il palo sia del tipo "infisso" o "trivellato" poiché le caratteristiche fisico-meccaniche del terreno circostante il palo variano in seguito alle operazioni d'installazione. Di conseguenza, per tenere conto della modalità esecutiva nel calcolo dei coefficienti di portanza, si propone di modificare il valore dell'angolo di resistenza a taglio secondo quanto suggerito da Kishida (1967):

$$\phi_{cor} = \frac{\phi + 40}{2} \quad (\text{per pali infissi}) \quad \phi_{cor} = \phi - 3^\circ \quad (\text{per pali trivellati})$$

Con la correzione di cui sopra si determineranno i fattori adimensionali di portanza che sono presenti nella relazione per la determinazione del carico limite verticale alla punta che assume la seguente espressione:

$$Q_p = A_p \cdot (q_p \cdot N_q^* + c \cdot N_c^*)$$

dove i simboli su riportati hanno il seguente significato:

- $A_p$	superficie portante efficace della punta del palo
- $q_p$	pressione del terreno presente alla punta del palo
- $c$	coesione del terreno alla punta del palo (nel caso di condizione non drenata $c = c_u$ )
- $N_q^*, N_c^*$	fattori adimensionali di portanza funzione dell'angolo d'attrito interno $\phi_{cor}$ del terreno già corretti

In letteratura esistono diverse formulazioni per il calcolo dei fattori adimensionali di portanza, di seguito si riportano quelle che sono state implementate:

#### Formulazione di Meyerhof per base poggiate su terreni sciolti (1951)

- se  $\phi \neq 0$  (condizione drenata) si ha:

$$N_q = \text{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right) \cdot e^{\pi \cdot \text{tg}(\phi)} \quad N_c = (N_q - 1) \cdot \text{ctg}(\phi)$$

$$s_q = 1 + 0.1 \cdot \text{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right) \quad s_c = 1 + 0.2 \cdot \text{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right) \quad (\text{fattori di forma})$$

$$d_q = 1 + 0.1 \cdot \frac{L}{D} \cdot \sqrt{\text{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right)} \quad d_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{L}{D} \cdot \sqrt{\text{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right)} \quad (\text{fattori d'approfondimento})$$

$$N_q^* = N_q \cdot s_q \cdot d_q \quad N_c^* = N_c \cdot s_c \cdot d_c$$

se  $\varphi = 0$  (condizione non drenata) si ha:

$$\begin{array}{ll}
 N_q = 1.00 & N_c = \pi + 2 \\
 s_q = 1.00 & s_c = 1.20 \quad \text{(fattori di forma)} \\
 d_q = 1.00 & d_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{L}{D} \quad \text{(fattori} \\
 \text{d'approfondimento)} & \\
 N_q^* = N_q \cdot s_q \cdot d_q & N_c^* = N_c \cdot s_c \cdot d_c
 \end{array}$$

**Formulazione di Hansen per base poggiate su terreni sciolti (1970)**

se  $\varphi \neq 0$  (condizione drenata) si ha:

$$\begin{array}{ll}
 N_q = \text{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right) \cdot e^{\pi \cdot \text{tg}(\phi)} & N_c = (N_q - 1) \cdot \text{ctg}(\phi) \\
 s_q = 1 + \text{tg}(\phi) & s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} \quad \text{(fattori di forma)} \\
 d_q = 1 + 2 \cdot \text{tg}(\phi) \cdot (1 - \text{sen}(\phi))^2 \cdot \theta & d_c = 1 + 0.4 \cdot \theta \quad \text{(fattori} \\
 \text{d'approfondimento)} & \\
 \text{dove: se } \frac{L}{D} \leq 1 \Rightarrow \theta = \frac{L}{D}, \text{ se } \frac{L}{D} > 1 \Rightarrow \theta = \text{arctg}\left(\frac{L}{D}\right) & \\
 N_q^* = N_q \cdot s_q \cdot d_q & N_c^* = N_c \cdot s_c \cdot d_c
 \end{array}$$

se  $\varphi = 0$  (condizione non drenata) si ha:

$$\begin{array}{ll}
 N_q = 1.00 & N_c = \pi + 2 \\
 s_q = 1.00 & s_c = 1.20 \quad \text{(fattori di forma)} \\
 d_q = 1.00 & d_c = 1 + 0.4 \cdot \theta \quad \text{(fattori} \\
 \text{d'approfondimento)} & \\
 N_q^* = N_q \cdot s_q \cdot d_q & N_c^* = N_c \cdot s_c \cdot d_c
 \end{array}$$

**Formulazione di Zeevaert per base poggiate su terreni sciolti (1972)**

se  $\varphi \neq 0$  (condizione drenata) si ha:

$$\begin{array}{ll}
 N_q^* = \frac{\cos^2(\phi)}{2 \cdot \cos^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right)} \cdot e^{\left(\frac{3 \cdot \pi}{2} + \phi\right) \cdot \text{tg}(\phi)} & N_c^* = (N_q - 1) \cdot \text{ctg}(\phi)
 \end{array}$$

se  $\varphi = 0$  (condizione non drenata) si ha:

$$\begin{array}{ll}
 N_q^* = 1.00 & N_c^* = 9.00
 \end{array}$$

**Formulazione di Berezantzev per base poggiate su terreni sciolti (1970)**

Berezantzev fa riferimento ad una superficie di scorrimento "alla Terzaghi" che si arresta sul piano della punta del palo. Inoltre considera il cilindro di terreno coassiale al palo (avente diametro pari all'estensione in sezione della superficie di scorrimento) in parte sostenuto da tensioni tangenziali dal rimanente terreno presente lungo la superficie laterale del cilindro. Conseguentemente il valore della pressione presente alla punta del palo è inferiore alla corrispondente pressione litostatica ed è influenzata dal rapporto tra la profondità alla quale è posta la punta "L" del palo e il diametro "D" dello stesso. Quindi il valore di  $N_q^*$  è influenzato da questo effetto "Silo". I valori che l'autore propone sono:

se  $\varphi \neq 0$  (condizione drenata) si ha:

Valori di  $N_q^*$  per pali di diametro fino a 80.0 cm.

L/D	8°	16°	18°	20°	22°	24°	26°	28°	30°	32°	34°	36°	38°	40°	42°	44°	46°	48°	50°
4	1.07	2.18	3.15	4.72	7.15	10.73	15.85	22.95	32.62	45.56	62.69	85.18	114.53	152.71	202.32	266.82	350.86	460.79	605.36
12	1.04	1.77	2.46	3.64	5.52	8.42	12.71	18.85	27.44	39.21	55.07	76.20	104.13	140.81	188.86	251.72	334.05	442.17	584.82
20	1.03	1.63	2.20	3.20	4.82	7.38	11.22	16.82	24.76	35.79	50.83	71.06	98.01	133.65	180.59	242.29	323.39	430.21	571.48

28	1.03	1.54	2.05	2.93	4.40	6.72	10.26	15.48	22.96	33.43	47.84	67.37	93.54	128.35	174.39	235.13	315.21	420.95	561.08
36	1.02	1.49	1.94	2.75	4.10	6.26	9.57	14.49	21.60	31.64	45.53	64.48	90.00	124.10	169.36	229.27	308.46	413.26	552.38
50	1.02	1.42	1.82	2.53	3.74	5.68	8.70	13.23	19.84	29.27	42.45	60.56	85.14	118.18	162.30	220.95	298.80	402.16	539.74
75	1.02	1.35	1.69	2.30	3.33	5.02	7.69	11.74	17.73	26.37	38.58	55.55	78.82	110.38	152.84	209.67	285.53	386.74	522.01
100	1.01	1.31	1.61	2.14	3.07	4.60	7.02	10.74	16.28	24.34	35.84	51.95	74.19	104.56	145.68	201.02	275.23	374.64	507.95
200	1.01	1.22	1.44	1.84	2.54	3.71	5.60	8.56	13.05	19.73	29.43	43.30	62.82	89.95	127.29	178.30	247.63	341.59	468.90
500	1.01	1.14	1.29	1.55	2.02	2.82	4.14	6.24	9.50	14.45	21.83	32.64	48.25	70.49	101.85	145.69	206.57	290.75	406.87

Valori di  $N_q^*$  per pali di diametro maggiore a 80.0 cm.

L/Δ	8°	16°	18°	20°	22°	24°	26°	28°	30°	32°	34°	36°	38°	40°	42°	44°	46°	48°	50°
4	1.16	3.09	3.95	5.04	6.44	8.22	10.50	13.41	17.12	21.87	27.92	35.65	45.53	58.14	74.24	94.80	121.05	154.57	197.38
12	1.21	3.14	3.98	5.05	6.42	8.14	10.34	13.13	16.68	21.18	26.90	34.17	43.41	55.15	70.07	89.03	113.13	143.77	182.72
20	1.26	3.18	4.01	5.06	6.39	8.06	10.18	12.85	16.23	20.49	25.88	32.69	41.29	52.16	65.89	83.26	105.21	132.97	168.06
28	1.30	3.22	4.04	5.07	6.36	7.99	10.02	12.57	15.78	19.81	24.86	31.20	39.17	49.16	61.72	77.49	97.29	122.16	153.40
36	1.35	3.27	4.07	5.08	6.34	7.91	9.86	12.30	15.33	19.12	23.84	29.72	37.04	46.17	57.55	71.72	89.38	111.36	138.75
44	1.39	3.31	4.10	5.09	6.31	7.83	9.70	12.02	14.88	18.43	22.81	28.23	34.92	43.18	53.38	65.95	81.46	100.56	124.09
52	1.44	3.35	4.14	5.10	6.29	7.75	9.54	11.74	14.44	17.74	21.79	26.75	32.80	40.19	49.21	60.18	73.54	89.76	109.43
56	1.46	3.37	4.15	5.10	6.27	7.71	9.46	11.60	14.21	17.40	21.28	26.00	31.74	38.70	47.12	57.30	69.58	84.36	102.10
60	1.49	3.39	4.17	5.11	6.26	7.67	9.38	11.46	13.99	17.06	20.77	25.26	30.68	37.20	45.03	54.42	65.62	78.96	94.77
65	1.51	3.42	4.19	5.12	6.25	7.62	9.28	11.29	13.71	16.63	20.13	24.33	29.35	35.33	42.43	50.81	60.67	72.21	85.61

$$N_c^* = (N_q - 1) \cdot \text{ctg}(\phi)$$

se  $\phi = 0$  (condizione non drenata) si ha:

$$N_q^* = 1.00$$

$$N_c^* = 9.00$$

**Formulazione di Vesic per base poggiate su terreni sciolti (1975)**

se  $\phi \neq 0$  (condizione drenata) si ha:

$$N_q^* = \frac{3}{3 - \text{sen}(\phi)} \cdot \text{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right) \cdot I_{rr}^{\frac{4 - \text{sen}(\phi)}{3 \cdot (1 + \text{sen}(\phi))}} \cdot e^{\left(\frac{\pi}{2} - \phi\right) \cdot \text{tg}(\phi)}$$

$$I_{rr} = \frac{I_r}{1 + \varepsilon_v \cdot I_r} \quad \varepsilon_v = \frac{q_p \cdot \alpha}{E_t} \cdot \frac{(1 + \nu) \cdot (1 - 2 \cdot \nu)}{(1 - \nu)}$$

$$N_c^* = (N_q - 1) \cdot \text{ctg}(\phi)$$

$$I_r = \frac{E_t}{2 \cdot (1 + \nu) \cdot (c + q_p \cdot \alpha \cdot \text{tg}(\phi))}$$

se  $\phi = 0$  (condizione non drenata) si ha:

$$N_q^* = 1.00$$

$$N_c^* = \frac{4}{3} \cdot (\log_n(I_{rr}) + 1) + \frac{\pi}{2} + 1$$

dove i simboli su riportati hanno il seguente significato:

- $E_t$  modulo elastico del terreno alla profondità della punta del palo
- $\nu$  coefficiente di Poisson del terreno alla profondità della punta del palo
- $\alpha$  coefficiente di riduzione della pressione del terreno presente alla profondità della punta del palo

Nel caso in cui si scelga di effettuare la riduzione della pressione del terreno presente alla profondità della punta del palo (cioè  $\alpha < 1$ ) il coefficiente di riduzione " $\alpha$ " assume la seguente espressione:

$$\alpha = \frac{1 + 2 \cdot K_0}{3} \quad \text{dove: se } \phi \neq 0 \Rightarrow K_0 = 1 - \text{sen}(\phi); \quad \text{se } \phi = 0 \Rightarrow K_0 = \frac{\nu}{1 - \nu}$$

**Formulazione di Janbu per base poggiate su terreni sciolti (1976)**

se  $\phi \neq 0$  (condizione drenata) si ha:

$$N_q^* = (\text{tg}(\phi) + \sqrt{1 + \text{tg}^2(\phi)})^2 \cdot e^{2 \cdot \vartheta \cdot \text{tg}(\phi)} \quad N_c^* = (N_q - 1) \cdot \text{ctg}(\phi)$$

$$\vartheta = 60 + 0.45 \cdot D_r$$

dove " $D_r$ " è la densità relativa del terreno.

se  $\phi = 0$  (condizione non drenata) si ha:

$$N_q^* = 1.00$$

$$N_c^* = 5.74$$

**Formulazione di Terzaghi per base poggiate su roccia (1943)**

Per la determinazione del carico limite nel caso di presenza di ammasso roccioso bisogna valutare molto attentamente il grado di solidità della roccia stessa. Tale valutazione viene in genere eseguita stimando l'indice *RQD* (Rock Quality Designation) che rappresenta una misura della qualità di un ammasso roccioso. Tale indice può variare da un minimo di 0 (caso in cui la lunghezza dei pezzi di roccia estratti dal carotiere è inferiore a 100 mm) ad un massimo di 1 (caso in cui la carota risulta integra) ed è calcolato nel seguente modo:

$$RQD = \frac{\sum \text{lunghezze dei pezzi di roccia intatta} > 100\text{mm}}{\text{lunghezza del carotiere}}$$

Se il valore di *RQD* è molto basso la roccia è molto fratturata ed il calcolo della capacità portante dell'ammasso roccioso va condotto alla stregua di un terreno sciolto utilizzando tutte le formulazioni sopra descritte.

$$N_q = \frac{e^{2 \cdot \left(\frac{3 \cdot \pi}{4} - \frac{\phi}{2}\right) \cdot \text{tg}(\phi)}}{2 \cdot \cos^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right)}$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \text{ctg}(\phi) \quad \text{se } \phi = 0 \Rightarrow N_c = \frac{3}{2} \cdot \pi + 1$$

$$s_q = 1.00$$

$$s_c = 1.30$$

(fattori di forma)

$$N_q^* = RQD^2 \cdot N_q \cdot s_q$$

$$N_c^* = RQD^2 \cdot N_c \cdot s_c$$

#### **Formulazione di Stagg-Zienkiewicz per base poggiate su roccia (1968)**

$$N_q = \text{tg}^6\left(\frac{90^\circ + \phi}{2}\right)$$

$$N_c = 5 \cdot \text{tg}^4\left(\frac{90^\circ + \phi}{2}\right)$$

$$s_q = 1.00$$

$$s_c = 1.30$$

(fattori di forma)

$$N_q^* = RQD^2 \cdot N_q \cdot s_q$$

$$N_c^* = RQD^2 \cdot N_c \cdot s_c$$

### **CARICO LIMITE VERTICALE LUNGO LA SUPERFICIE LATERALE DEL PALO**

Il valore del carico limite verticale lungo la superficie laterale del palo è dato dall'integrale esteso a tutta la superficie laterale del palo delle tensioni tangenziali che si sviluppano all'interfaccia palo-terreno in condizioni limite:

$$Q_L = \int_{\Gamma} \tau_{\text{lim}} \cdot d\Gamma = \int_0^L (c_a + \sigma_h \cdot \text{tg}(\delta)) \cdot P_{\text{lat}} \cdot dz$$

dove i simboli sopra riportati hanno il seguente significato:

- $\chi_a$  adesione all'interfaccia terreno-palo alla generica profondità "z"
- $\sigma_h$  tensione orizzontale alla generica profondità "z"
- $\delta$  angolo di resistenza a taglio all'interfaccia terreno-palo alla generica profondità "z"
- $P_{\text{lat}}$  perimetro della sezione trasversale del palo alla generica profondità "z"
- $L$  sviluppo longitudinale del palo

Analogamente al carico limite alla punta, anche il valore del carico limite verticale lungo la superficie laterale del palo varia notevolmente a seconda che esso sia del tipo "infisso" o "trivellato" a causa del diverso comportamento del terreno circostante in palo. Conseguentemente i parametri sopra riportati possono essere correlati da leggi diverse in funzione delle modalità di esecuzione del palo. Di seguito si descrivono quelle che sono state implementate.

L'adesione " $c_a$ " è correlata alla coesione " $c$ " nel caso di condizioni drenate; oppure alla coesione non drenata " $c_u$ " nel caso di condizioni non drenate, per mezzo del coefficiente d'adesione " $\psi$ " secondo la seguente relazione:

$$c_a = c_s \cdot \psi \quad \text{dove: } c_s = c \text{ (in condizione drenata); } \\ c_s = c_u \text{ (in condizione non drenata).}$$

Esprimendo il valore di "c" in N/cm<sup>2</sup>, il coefficiente d'adesione "ψ" può assumere i seguenti valori:

**Caquot-Kerisel (consigliato per pali trivellati)**

$$\psi = \frac{100 + c_s^2}{100 + 7 \cdot c_s^2}$$

**Meyerhof-Murdock (consigliato per pali trivellati)**

$$\text{se } c_s \leq 5.00 \text{ N/cm}^2 \Rightarrow \psi = 1.000 - 0.100 \cdot c_s$$

$$\text{se } c_s > 5.00 \text{ N/cm}^2 \Rightarrow \psi = 0.525 - 0.005 \cdot c_s$$

**Whitaker-Cooke (consigliato per pali trivellati)**

$$\text{se } c_s \leq 2.50 \text{ N/cm}^2 \Rightarrow \psi = 0.90$$

$$\text{se } 2.50 < c_s \leq 5.00 \text{ N/cm}^2 \Rightarrow \psi = 0.80$$

$$\text{se } 5.00 < c_s \leq 7.50 \text{ N/cm}^2 \Rightarrow \psi = 0.60$$

$$\text{se } c_s > 7.50 \text{ N/cm}^2 \Rightarrow \psi = 0.40$$

**Woodward (consigliato per pali trivellati)**

$$\text{se } c_s \leq 4.00 \text{ N/cm}^2 \Rightarrow \psi = 0.90$$

$$\text{se } 4.00 < c_s \leq 8.00 \text{ N/cm}^2 \Rightarrow \psi = 0.60$$

$$\text{se } 8.00 < c_s \leq 12.00 \text{ N/cm}^2 \Rightarrow \psi = 0.50$$

$$\text{se } 12.00 < c_s \leq 20.00 \text{ N/cm}^2 \Rightarrow \psi = 0.40$$

$$\text{se } c_s > 20.00 \text{ N/cm}^2 \Rightarrow \psi = 0.30$$

**Viggiani e altri (consigliato per pali infissi)**

$$\text{se } c_s \leq 5.00 \text{ N/cm}^2 \Rightarrow \psi = 1.00$$

$$\text{se } 5.00 < c_s \leq 10.00 \text{ N/cm}^2 \Rightarrow \psi = 0.70$$

$$\text{se } 10.00 < c_s \leq 15.00 \text{ N/cm}^2 \Rightarrow \psi = 0.50$$

$$\text{se } 15.00 < c_s \leq 20.00 \text{ N/cm}^2 \Rightarrow \psi = 0.40$$

$$\text{se } c_s > 20.00 \text{ N/cm}^2 \Rightarrow \psi = 0.30$$

Il valore della tensione orizzontale "σ<sub>h</sub>" è correlato al valore della pressione verticale "σ<sub>v</sub>" per mezzo del coefficiente di spinta orizzontale "K<sub>s</sub>" secondo la seguente relazione:

$$\sigma_h = \sigma_v \cdot K_s$$

Il valore di "K<sub>s</sub>" dipende essenzialmente dal tipo di terreno e dal suo stato d'addensamento nonché dalla tecnologia utilizzata per l'installazione.

Il programma permette di scegliere tra differenti teorie per il calcolo di K<sub>s</sub>.

Opzione 1:

Metodo "Tomlinson (1971)"

K<sub>s</sub> può variare da un limite inferiore pari al coefficiente di spinta a riposo "K<sub>0</sub>" fino a valori prossimi al coefficiente di spinta passiva "K<sub>p</sub>"; i valori proposti sono:

pali trivellati:  $K_s = K_0 = 1 - \text{sen}(\phi)$

pali infissi: K<sub>s</sub> = variabile da:  $K_p = 1 + \text{tg}^2(\phi)$  in sommità fino a  $K_0 = 1 - \text{sen}(\phi)$  alla punta

Opzione 2:

Metodo di "Kulhavy (1983)"

pali trivellati:  $K_s = \alpha K_0$  con α variabile tra 2/3 e 1

pali infissi:  $K_s = \alpha K_0$  con α variabile da 3/4, per compattazione del terreno trascurabile, fino a 2, nel caso di compattazione significativa.



Il valore dell'angolo di resistenza al taglio all'interfaccia terreno-palo " $\delta$ " è funzione della scabrezza della superficie del palo e quindi della modalità esecutiva; i valori proposti sono:

$$\delta = \arctg(\operatorname{tg}(\phi)) \quad (\text{per pali trivellati}) \quad \delta = \arctg\left(\frac{3}{4} \cdot \operatorname{tg}(\phi)\right) \quad (\text{per pali infissi})$$

## SIMBOLOGIA ADOTTATA NEI TABULATI DI CALCOLO

Per maggior chiarezza nella lettura dei tabulati di calcolo viene riportata la descrizione dei simboli principali utilizzati nella stesura degli stessi. Per comodità di lettura la legenda è suddivisa in paragrafi con la stessa modalità in cui sono stampati i tabulati di calcolo.

### ***Dati geometrici degli elementi costituenti le fondazioni profonde***

- X elem.                    ascissa nel riferimento globale dell'elemento
- Y elem.                    ordinata nel riferimento globale dell'elemento
- Profon.                    profondità del piano di posa dell'elemento a partire dal piano campagna
- Base                        larghezza della sezione trasversale dell'elemento
- Lungh.                     dimensione dello sviluppo longitudinale dell'elemento
- Altez.                     altezza della sezione trasversale dell'elemento
- Rotaz.                     rotazione dell'elemento rispetto al suo baricentro
- Grup. ap.                 nel caso cui l'elemento faccia parte di una palificata, rappresenta il numero identificativo della stessa
- Ind. Strat.                indice della stratigrafia associata all'elemento
- Tip. iniez.                tipologia d'iniezione dei micropali ai fini del calcolo della portanza secondo le raccomandazioni di Bustamante e Doix (No iniez. = assenza d'iniezione, Iniez.uni. = iniezione unica, Iniez.rip. = iniezione ripetuta)
- Tip. ter.                  tipologia di terreno ai fini del calcolo della portanza secondo le raccomandazioni di Bustamante e Doix (Coes. = coesivo, Inc. = incoerente)
- Dia. P.                    diametro fusto del palo
- Lun. P.                    lunghezza totale del palo
- Lun. L.                    lunghezza tratto del palo senza contributo di terreno
- Dis. P.                    distanza del baricentro del palo dal bordo del plinto
- In. Px                     interasse principale del palo
- In. Py                     interasse secondario del palo
- Dia. B.                    diametro bulbo del palo
- Lun. B.                    lunghezza della sbulbatura del palo
- E.C.V.                    coefficiente d'efficienza per carico limite verticale del singolo palo
- E.C.C.                    coefficiente d'efficienza per carico critico verticale del singolo palo
- E.C.T.                    coefficiente d'efficienza per carico limite trasversale del singolo palo
- Svin. testa                codice di svincolo alla rotazione in testa al palo (0 = non attivo, 1 = attivo)
- Vin. piede                codici di vincolo rispettivamente alla rotazione orizzontale, traslazione orizzontale e traslazione verticale applicabili al piede del palo (0 = non attivo, 1 = attivo)
- Asc. X'                    ascissa del baricentro del singolo palo dell'elemento nel riferimento locale con origine nel baricentro del plinto
- Asc. Y'                    ordinata del baricentro del singolo palo dell'elemento nel riferimento locale con origine nel baricentro del plinto
- Peso spec.                peso specifico del palo
- Mod. El. Pa.              modulo elastico normale del palo

### ***Dati di carico degli elementi costituenti le fondazioni profonde***

- Cmb                        numero della combinazione di carico
- Tipologia                tipologia della combinazione di carico

- Sismica flag per l'applicazione della riduzione sismica alle caratteristiche meccaniche del terreno di fondazione per la combinazione di carico in esame
- S. Normale sollecitazione normale agente alla quota del piano di fondazione dell'elemento (riferimento locale con origine nel baricentro del plinto)
- S. Tagliante X' sollecitazione tagliante lungo l'asse X' agente alla quota del piano di fondazione dell'elemento (riferimento locale con origine nel baricentro del plinto)
- S. Tagliante Y' sollecitazione tagliante lungo l'asse Y' agente alla quota del piano di fondazione dell'elemento (riferimento locale con origine nel baricentro del plinto)
- S. Flessionale X' sollecitazione flessionale lungo l'asse X' agente alla quota del piano di fondazione dell'elemento (riferimento locale con origine nel baricentro del plinto)
- S. Flessionale Y' sollecitazione flessionale lungo l'asse Y' agente alla quota del piano di fondazione dell'elemento (riferimento locale con origine nel baricentro del plinto)
- S. Torsionale sollecitazione torsionale agente alla quota del piano di fondazione dell'elemento (riferimento locale con origine nel baricentro del plinto)

#### **Valori di calcolo per le fondazioni profonde**

- Port. punta carico limite verticale alla punta del palo (valore su singolo palo corretto dal relativo coefficiente d'efficienza)
- Port. lat. carico limite verticale lungo la superficie laterale del fusto del palo (valore su singolo palo corretto dal relativo coefficiente d'efficienza)
- Port. bulbo carico limite verticale lungo la superficie laterale del bulbo del palo (valore su singolo palo corretto dal relativo coefficiente d'efficienza)
- C. Critico carico critico per l'instabilità del palo (valore su singolo palo corretto dal relativo coefficiente d'efficienza)
- Attr. Neg. attrito negativo agente sul palo (valore su singolo palo)
- Peso Palo peso totale del singolo palo
- Cmb numero e tipologia della combinazione di carico
- S. Norm. sollecitazione normale agente alla testa del palo in esame
- V. V. Com. resistenza a compressione del palo in esame (corretto dal relativo coefficiente di sicurezza)
- V. V. Tra. resistenza a trazione del palo in esame (corretto dal relativo coefficiente di sicurezza)
- Ver. Com. rapporto tra la sollecitazione normale agente alla testa del palo e la sua resistenza a compressione (verifica positiva se il rapporto è < 1.0)
- Ver. Tra. rapporto tra la sollecitazione normale agente alla testa del palo e la sua resistenza a trazione (verifica positiva se il rapporto è < 1.0)
- S. Tagl. sollecitazione tagliante agente alla testa del palo
- S. Fles. sollecitazione flessionale agente alla testa del palo
- V. V. Trs. resistenza trasversale del palo in esame (corretto dal relativo coefficiente di sicurezza)
- Ver. Tra. rapporto tra la sollecitazione tagliante agente alla testa del palo e la sua resistenza trasversale (verifica positiva se il rapporto è < 1.0)
- Ced. V. cedimento verticale in corrispondenza della testa del palo
- Ced. H. cedimento orizzontale in corrispondenza della testa del palo

#### **PARAMETRI DI CALCOLO**

##### **Modalità di calcolo della portanza verticale per fondazioni profonde:**

Per elementi con pali: Portanza di punta e laterale

Per elementi con micropali: Portanza di punta e laterale

#### Metodi di calcolo della portanza di punta per fondazioni profonde:

Per terreni sciolti: Vesic

Riduzione della tensione litostatica: No

Per terreni lapidei: Terzaghi

Riduzione di Kishida per pali battuti o trivellati: Si

Metodo di calcolo del coefficiente di spinta orizzontale Ks: Tomlinson

#### Coefficienti parziali e totali di sicurezza per Tensioni Ammissibili e S.L.E. nel calcolo della portanza per fondazioni profonde:

Coeff. di sicurezza alla punta: 2,50

Coeff. di sicurezza lungo il fusto: 2,50

Coeff. di sicurezza lungo il bulbo: 2,50

Coeff. di sicurezza per palo in trazione: 2,50

#### Combinazioni di carico:

##### APPROCCIO PROGETTUALE TIPO 2 - Comb. (A1+M1+R3)

Coefficienti parziali e totali di sicurezza per S.L.U. nel calcolo della portanza per pali trivellati:

I coeff. A1 risultano combinati secondo lo schema presente nella relazione di calcolo della struttura.

- Coeff. M1 per  $\tan \phi$  (statico): 1
- Coeff. M1 per  $c'$  (statico): 1
- Coeff. M1 per  $C_u$  (statico): 1
- Coeff. M1 per  $\tan \phi$  (sismico): 1
- Coeff. M1 per  $c'$  (sismico): 1
- Coeff. M1 per  $C_u$  (sismico): 1
  
- Coeff. R3 base: 1,35
- Coeff. R3 laterale in compressione: 1,15
- Coeff. R3 laterale in trazione: 1,25

Fattore di correlazione: 1,70

## ARCHIVIO STRATIGRAFIE

Indice / Descrizione: 001 / Nuova stratigrafia n. 1

Numero strati: 3

Profondità falda: 0,00 cm

Strato n.	Quota di riferimento	Spessore	Indice / Descrizione terreno
Attrito Neg. 1	da 0,0 a -800,0 cm	800,0 cm	001 / Litotipo 1
Assente 2	da -800,0 a -1450,0 cm	650,0 cm	002 / Litotipo 2
Assente 3	da -1450,0 a -2950,0 cm	1500,0 cm	003 / Litotipo 3
Assente			

## ARCHIVIO TERRENI

Indice / Descrizione terreno: **001 / Litotipo 1**

Comportamento del terreno: condizione non drenata

Peso Spec.	P. Spec. Sat.	Coes.non dren.	Mod.Elast.	Mod.Edom.	Dens.Rel.	Poisson	C. Ades.
daN/cm <sup>3</sup>	daN/cm <sup>3</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	%	%	
1,900 E-3	2,000 E-3	0,500	59,566	115,000	60,0	0,385	0,50

Indice / Descrizione terreno: **002 / Litotipo 2**

Comportamento del terreno: condizione non drenata

<b>Peso Spec.</b> daN/cm <sup>2</sup> 2,000 E-3	<b>P. Spec. Sat.</b> daN/cm <sup>2</sup> 2,200 E-3	<b>Coes.non dren.</b> daN/cm <sup>2</sup> 1,500	<b>Mod.Elast.</b> daN/cm <sup>2</sup> 88,054	<b>Mod.Edom.</b> daN/cm <sup>2</sup> 170,000	<b>Dens.Rel.</b> % 60,0	<b>Poisson</b> % 0,385	<b>C. Ades.</b>  0,45
---	--	---	--	--	-------------------------------	------------------------------	-----------------------------

**Indice / Descrizione terreno: 003 / Litotipo 3**

Comportamento del terreno: condizione non drenata

<b>Peso Spec.</b> daN/cm <sup>2</sup> 2,100 E-3	<b>P. Spec. Sat.</b> daN/cm <sup>2</sup> 2,200 E-3	<b>Coes.non dren.</b> daN/cm <sup>2</sup> 3,000	<b>Mod.Elast.</b> daN/cm <sup>2</sup> 200,000	<b>Mod.Edom.</b> daN/cm <sup>2</sup> 254,000	<b>Dens.Rel.</b> % 60,0	<b>Poisson</b> % 0,500	<b>C. Ades.</b>  0,38
---	--	---	---	--	-------------------------------	------------------------------	-----------------------------

**DATI GEOMETRICI DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI LE FONDAZIONI PROFONDE**

**Elemento: 1 - Plinto su un palo - Tipologia pali: trivellati**

X elem. cm	Y elem. cm	Prof. cm	Base cm	Lungh. cm	Altez. cm	Rot. Gradi°	Grup.ap. n.	Ind.strat. n.					Svin.testa
0,0	0,0	70,0	120,0	120,0	70,0	0,00	1	001					codice
Dia. P.	Lun. P. Vin.piede	Lun. L.	Dist.P.	In. Px	In. Py	Dia. B.	Lun. B.	E.C.V.	E.C.C.	E.C.T.			Svin.testa
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm						codice
60,0 0; 0	1200,0	0,0	35,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,00	1,00	1,00			0 0;
Palo	Asc. X'	Ord. Y'											
n. 1	cm 0,0	cm 0,0											

**Elemento: 2 - Plinto su un palo - Tipologia pali: trivellati**

X elem. cm	Y elem. cm	Prof. cm	Base cm	Lungh. cm	Altez. cm	Rot. Gradi°	Grup.ap. n.	Ind.strat. n.					Svin.testa
545,0	0,0	70,0	120,0	120,0	70,0	0,00	2	001					codice
Dia. P.	Lun. P. Vin.piede	Lun. L.	Dist.P.	In. Px	In. Py	Dia. B.	Lun. B.	E.C.V.	E.C.C.	E.C.T.			Svin.testa
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm						codice
60,0 0; 0	1200,0	0,0	35,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,00	1,00	1,00			0 0;
Palo	Asc. X'	Ord. Y'											
n. 1	cm 0,0	cm 0,0											

**Elemento: 3 - Plinto su un palo - Tipologia pali: trivellati**

X elem. cm	Y elem. cm	Prof. cm	Base cm	Lungh. cm	Altez. cm	Rot. Gradi°	Grup.ap. n.	Ind.strat. n.					Svin.testa
0,0	300,0	70,0	120,0	120,0	70,0	0,00	3	001					codice
Dia. P.	Lun. P. Vin.piede	Lun. L.	Dist.P.	In. Px	In. Py	Dia. B.	Lun. B.	E.C.V.	E.C.C.	E.C.T.			Svin.testa
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm						codice
60,0 0; 0	1200,0	0,0	35,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,00	1,00	1,00			0 0;
Palo	Asc. X'	Ord. Y'											
n. 1	cm 0,0	cm 0,0											

**Elemento: 4 - Plinto su un palo - Tipologia pali: trivellati**

X elem. cm	Y elem. cm	Prof. cm	Base cm	Lungh. cm	Altez. cm	Rot. Gradi°	Grup.ap. n.	Ind.strat. n.					Svin.testa
545,0	300,0	70,0	120,0	120,0	70,0	0,00	4	001					codice
Dia. P.	Lun. P. Vin.piede	Lun. L.	Dist.P.	In. Px	In. Py	Dia. B.	Lun. B.	E.C.V.	E.C.C.	E.C.T.			Svin.testa
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm						codice
60,0 0; 0	1200,0	0,0	35,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,00	1,00	1,00			0 0;
Palo	Asc. X'	Ord. Y'											
n. 1	cm 0,0	cm 0,0											

**Elemento: 5 - Plinto su un palo - Tipologia pali: trivellati**

X elem.	Y elem.	Prof.	Base	Lungh.	Altez.	Rot.	Grup.ap.	Ind.strat.				
cm 990,0	cm 300,0	cm 70,0	cm 120,0	cm 120,0	cm 70,0	Gradi° 0,00	n. 5	n. 001				
Dia. P.	Lun. P.	Lun. L.	Dist.P.	In. Px	In. Py	Dia. B.	Lun. B.	E.C.V.	E.C.C.	E.C.T.	Svin.testa	
cm	cm Vin.piede codice	cm	cm	cm	cm	cm	cm				codice	
60,0 0; 0	1200,0	0,0	35,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,00	1,00	1,00	0 0;	
Palo	Asc. X'	Ord. Y'										
n. 1	cm 0,0	cm 0,0										

**Elemento: 6 - Plinto su un palo - Tipologia pali: trivellati**

X elem.	Y elem.	Prof.	Base	Lungh.	Altez.	Rot.	Grup.ap.	Ind.strat.				
cm 990,0	cm 670,0	cm 70,0	cm 120,0	cm 120,0	cm 70,0	Gradi° 0,00	n. 6	n. 001				
Dia. P.	Lun. P.	Lun. L.	Dist.P.	In. Px	In. Py	Dia. B.	Lun. B.	E.C.V.	E.C.C.	E.C.T.	Svin.testa	
cm	cm Vin.piede codice	cm	cm	cm	cm	cm	cm				codice	
60,0 0; 0	1200,0	0,0	35,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,00	1,00	1,00	0 0;	
Palo	Asc. X'	Ord. Y'										
n. 1	cm 0,0	cm 0,0										

**Elemento: 7 - Plinto su un palo - Tipologia pali: trivellati**

X elem.	Y elem.	Prof.	Base	Lungh.	Altez.	Rot.	Grup.ap.	Ind.strat.				
cm 545,0	cm 670,0	cm 70,0	cm 120,0	cm 120,0	cm 70,0	Gradi° 0,00	n. 7	n. 001				
Dia. P.	Lun. P.	Lun. L.	Dist.P.	In. Px	In. Py	Dia. B.	Lun. B.	E.C.V.	E.C.C.	E.C.T.	Svin.testa	
cm	cm Vin.piede codice	cm	cm	cm	cm	cm	cm				codice	
60,0 0; 0	1200,0	0,0	35,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,00	1,00	1,00	0 0;	
Palo	Asc. X'	Ord. Y'										
n. 1	cm 0,0	cm 0,0										

**Elemento: 8 - Plinto su un palo - Tipologia pali: trivellati**

X elem.	Y elem.	Prof.	Base	Lungh.	Altez.	Rot.	Grup.ap.	Ind.strat.				
cm 0,0	cm 670,0	cm 70,0	cm 120,0	cm 120,0	cm 70,0	Gradi° 0,00	n. 8	n. 001				
Dia. P.	Lun. P.	Lun. L.	Dist.P.	In. Px	In. Py	Dia. B.	Lun. B.	E.C.V.	E.C.C.	E.C.T.	Svin.testa	
cm	cm Vin.piede codice	cm	cm	cm	cm	cm	cm				codice	
60,0 0; 0	1200,0	0,0	35,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,00	1,00	1,00	0 0;	
Palo	Asc. X'	Ord. Y'										
n. 1	cm 0,0	cm 0,0										

**Elemento: 9 - Plinto su un palo - Tipologia pali: trivellati**

X elem.	Y elem.	Prof.	Base	Lungh.	Altez.	Rot.	Grup.ap.	Ind.strat.				
cm 0,0	cm 990,0	cm 70,0	cm 120,0	cm 120,0	cm 70,0	Gradi° 0,00	n. 9	n. 001				
Dia. P.	Lun. P.	Lun. L.	Dist.P.	In. Px	In. Py	Dia. B.	Lun. B.	E.C.V.	E.C.C.	E.C.T.	Svin.testa	
cm	cm Vin.piede codice	cm	cm	cm	cm	cm	cm				codice	
60,0 0; 0	1200,0	0,0	35,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,00	1,00	1,00	0 0;	
Palo	Asc. X'	Ord. Y'										
n. 1	cm 0,0	cm 0,0										

**Elemento: 10 - Plinto su un palo - Tipologia pali: trivellati**

X elem.	Y elem.	Prof.	Base	Lungh.	Altez.	Rot.	Grup.ap.	Ind.strat.
cm	cm	cm	cm	cm	cm	Gradi°	n.	n.
545,0	990,0	70,0	120,0	120,0	70,0	0,00	10	001

Dia. P.	Lun. P.	Lun. L.	Dist.P.	In. Px	In. Py	Dia. B.	Lun. B.	E.C.V.	E.C.C.	E.C.T.	Svin.testa
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm				codice
60,0	1200,0	0,0	35,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,00	1,00	1,00	0 0;

Palo	Asc. X'	Ord. Y'
n.	cm	cm
1	0,0	0,0

**Elemento: 11 - Plinto su un palo - Tipologia pali: trivellati**

X elem.	Y elem.	Prof.	Base	Lungh.	Altez.	Rot.	Grup.ap.	Ind.strat.
cm	cm	cm	cm	cm	cm	Gradi°	n.	n.
1200,0	990,0	70,0	120,0	120,0	70,0	0,00	11	001

Dia. P.	Lun. P.	Lun. L.	Dist.P.	In. Px	In. Py	Dia. B.	Lun. B.	E.C.V.	E.C.C.	E.C.T.	Svin.testa
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm				codice
60,0	1200,0	0,0	35,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,00	1,00	1,00	0 0;

Palo	Asc. X'	Ord. Y'
n.	cm	cm
1	0,0	0,0

**Elemento: 12 - Plinto su un palo - Tipologia pali: trivellati**

X elem.	Y elem.	Prof.	Base	Lungh.	Altez.	Rot.	Grup.ap.	Ind.strat.
cm	cm	cm	cm	cm	cm	Gradi°	n.	n.
1200,0	1290,0	70,0	120,0	120,0	70,0	0,00	12	001

Dia. P.	Lun. P.	Lun. L.	Dist.P.	In. Px	In. Py	Dia. B.	Lun. B.	E.C.V.	E.C.C.	E.C.T.	Svin.testa
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm				codice
60,0	1200,0	0,0	35,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,00	1,00	1,00	0 0;

Palo	Asc. X'	Ord. Y'
n.	cm	cm
1	0,0	0,0

**Elemento: 13 - Plinto su un palo - Tipologia pali: trivellati**

X elem.	Y elem.	Prof.	Base	Lungh.	Altez.	Rot.	Grup.ap.	Ind.strat.
cm	cm	cm	cm	cm	cm	Gradi°	n.	n.
545,0	1290,0	70,0	120,0	120,0	70,0	0,00	13	001

Dia. P.	Lun. P.	Lun. L.	Dist.P.	In. Px	In. Py	Dia. B.	Lun. B.	E.C.V.	E.C.C.	E.C.T.	Svin.testa
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm				codice
60,0	1200,0	0,0	35,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,00	1,00	1,00	0 0;

Palo	Asc. X'	Ord. Y'
n.	cm	cm
1	0,0	0,0

**Elemento: 14 - Plinto su un palo - Tipologia pali: trivellati**

X elem.	Y elem.	Prof.	Base	Lungh.	Altez.	Rot.	Grup.ap.	Ind.strat.
cm	cm	cm	cm	cm	cm	Gradi°	n.	n.
0,0	1290,0	70,0	120,0	120,0	70,0	0,00	14	001

Dia. P.	Lun. P.	Lun. L.	Dist.P.	In. Px	In. Py	Dia. B.	Lun. B.	E.C.V.	E.C.C.	E.C.T.	Svin.testa
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm				codice
60,0	1200,0	0,0	35,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,00	1,00	1,00	0 0;

Palo	Asc. X'	Ord. Y'
n.	cm	cm
1	0,0	0,0

## VALORI DI CALCOLO DELLA PORTANZA PER FONDAZIONI PROFONDE

### Elemento: 1 - Plinto su un palo

$N_q = 1.000$ ,  $\sigma_{punta} = 2.634$ ,  $\phi = 0.0$ ,  $N_c = 7.597$ ,  $c_{punta} = 1.500$

Port. lat. = 942.007 kN, Port. punta = 396.677 kN, P.P.Palo = 84.823 kN

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	N	N lim	Ver.N	Stato
n.		n.	mm	mm	kN	kN		
495	SLV A1 sism.	540	0.00	0.00	-346.400	-569.866	0,608	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			kN	kN	kN	kN mm	kN mm
495	SLV A1	Si	-346.400	-9.280	-33.784	100098.4000	18813.7900

### Elemento: 2 - Plinto su un palo

$N_q = 1.000$ ,  $\sigma_{punta} = 2.634$ ,  $\phi = 0.0$ ,  $N_c = 7.597$ ,  $c_{punta} = 1.500$

Port. lat. = 942.007 kN, Port. punta = 396.677 kN, P.P.Palo = 84.823 kN

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	N	N lim	Ver.N	Stato
n.		n.	mm	mm	kN	kN		
493	SLV A1 sism.	540	0.00	0.00	-387.600	-569.866	0,680	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			kN	kN	kN	kN mm	kN mm
493	SLV A1	Si	-387.600	45.398	-37.111	138177.6000	22166.7400

### Elemento: 3 - Plinto su un palo

$N_q = 1.000$ ,  $\sigma_{punta} = 2.634$ ,  $\phi = 0.0$ ,  $N_c = 7.597$ ,  $c_{punta} = 1.500$

Port. lat. = 942.007 kN, Port. punta = 396.677 kN, P.P.Palo = 84.823 kN

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	N	N lim	Ver.N	Stato
n.		n.	mm	mm	kN	kN		
071	SLU STR	540	0.00	0.00	-285.700	-569.866	0,501	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			kN	kN	kN	kN mm	kN mm
071	SLU STR	No	-285.700	-0.255	11.375	8517.7790	4721.7800

### Elemento: 4 - Plinto su un palo

$N_q = 1.000$ ,  $\sigma_{punta} = 2.634$ ,  $\phi = 0.0$ ,  $N_c = 7.597$ ,  $c_{punta} = 1.500$

Port. lat. = 942.007 kN, Port. punta = 396.677 kN, P.P.Palo = 84.823 kN

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	N	N lim	Ver.N	Stato
n.		n.	mm	mm	kN	kN		
071	SLU STR	540	0.00	0.00	-292.400	-569.866	0,513	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			kN	kN	kN	kN mm	kN mm
071	SLU STR	No	-292.400	-20.769	8.120	-11260.0000	17812.0500

### Elemento: 5 - Plinto su un palo

$N_q = 1.000$ ,  $\sigma_{punta} = 2.634$ ,  $\phi = 0.0$ ,  $N_c = 7.597$ ,  $c_{punta} = 1.500$

Port. lat. = 942.007 kN, Port. punta = 396.677 kN, P.P.Palo = 84.823 kN

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	N	N lim	Ver.N	Stato
n.		n.	mm	mm	kN	kN		
481	SLV A1 sism.	540	0.00	0.00	-466.700	-569.866	0,819	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			kN	kN	kN	kN mm	kN mm
481	SLV A1	Si	-466.700	38.080	-16.185	109759.4000	238556.2000

### Elemento: 6 - Plinto su un palo

$N_q = 1.000$ ,  $\sigma_{punta} = 2.634$ ,  $\phi = 0.0$ ,  $N_c = 7.597$ ,  $c_{punta} = 1.500$

Port. lat. = 942.007 kN, Port. punta = 396.677 kN, P.P.Palo = 84.823 kN

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	N	N lim	Ver.N	Stato
n.		n.	mm	mm	kN	kN		
007	SLU STR	540	0.00	0.00	-308.700	-569.866	0,542	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			kN	kN	kN	kN mm	kN mm
007	SLU STR	No	-308.700	3.426	7.833	27536.5500	-13252.0800

#### Elemento: 7 - Plinto su un palo

$N_q = 1.000$ ,  $\sigma_{punta} = 2.634$ ,  $\phi = 0.0$ ,  $N_c = 7.597$ ,  $c_{punta} = 1.500$

Port. lat. = 942.007 kN, Port. punta = 396.677 kN, P.P.Palo = 84.823 kN

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	N	N lim	Ver.N	Stato
n.		n.	mm	mm	kN	kN		
263	SLU STR	540	0.00	0.00	-311.000	-569.866	0,546	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			kN	kN	kN	kN mm	kN mm
263	SLU STR	No	-311.000	-0.066	-0.083	-6764.6890	1328.6600

#### Elemento: 8 - Plinto su un palo

$N_q = 1.000$ ,  $\sigma_{punta} = 2.634$ ,  $\phi = 0.0$ ,  $N_c = 7.597$ ,  $c_{punta} = 1.500$

Port. lat. = 942.007 kN, Port. punta = 396.677 kN, P.P.Palo = 84.823 kN

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	N	N lim	Ver.N	Stato
n.		n.	mm	mm	kN	kN		
071	SLU STR	540	0.00	0.00	-296.000	-569.866	0,519	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			kN	kN	kN	kN mm	kN mm
071	SLU STR	No	-296.000	6.047	-1.761	762.1339	-408.3100

#### Elemento: 9 - Plinto su un palo

$N_q = 1.000$ ,  $\sigma_{punta} = 2.634$ ,  $\phi = 0.0$ ,  $N_c = 7.597$ ,  $c_{punta} = 1.500$

Port. lat. = 942.007 kN, Port. punta = 396.677 kN, P.P.Palo = 84.823 kN

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	N	N lim	Ver.N	Stato
n.		n.	mm	mm	kN	kN		
071	SLU STR	540	0.00	0.00	-286.900	-569.866	0,503	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			kN	kN	kN	kN mm	kN mm
071	SLU STR	No	-286.900	0.824	-19.784	-22451.4800	8546.9390

#### Elemento: 10 - Plinto su un palo

$N_q = 1.000$ ,  $\sigma_{punta} = 2.634$ ,  $\phi = 0.0$ ,  $N_c = 7.597$ ,  $c_{punta} = 1.500$

Port. lat. = 942.007 kN, Port. punta = 396.677 kN, P.P.Palo = 84.823 kN

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	N	N lim	Ver.N	Stato
n.		n.	mm	mm	kN	kN		
263	SLU STR	540	0.00	0.00	-325.300	-569.866	0,571	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			kN	kN	kN	kN mm	kN mm
263	SLU STR	No	-325.300	2.193	-23.422	-43184.6700	-7088.8990

#### Elemento: 11 - Plinto su un palo

$N_q = 1.000$ ,  $\sigma_{punta} = 2.634$ ,  $\phi = 0.0$ ,  $N_c = 7.597$ ,  $c_{punta} = 1.500$

Port. lat. = 942.007 kN, Port. punta = 396.677 kN, P.P.Palo = 84.823 kN

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	N	N lim	Ver.N	Stato
n.		n.	mm	mm	kN	kN		
476	SLV A1 sism.	540	0.00	0.00	-277.500	-569.866	0,487	Ok

Sollecitazioni:



Cmb n.	Tipo	Sism.	N kN	Tx kN	Ty kN	Mx kN mm	My kN mm
476	SLV A1	Si	-277.500	71.838	0.396	21243.0800	24186.2500

#### Elemento: 12 - Plinto su un palo

$N_q = 1.000$ ,  $\sigma_{punta} = 2.634$ ,  $\phi = 0.0$ ,  $N_c = 7.597$ ,  $c_{punta} = 1.500$

Port. lat. = 942.007 kN, Port. punta = 396.677 kN, P.P.Palo = 84.823 kN

Cmb. n.	Tipo	Palo n.	coord.X mm	coord.Y mm	N kN	N lim kN	Ver.N	Stato
476	SLV A1 sism.	540	0.00	0.00	-267.600	-569.866	0,470	Ok

Sollecitazioni:

Cmb n.	Tipo	Sism.	N kN	Tx kN	Ty kN	Mx kN mm	My kN mm
476	SLV A1	Si	-267.600	79.055	-8.924	-2021.2700	38108.7800

#### Elemento: 13 - Plinto su un palo

$N_q = 1.000$ ,  $\sigma_{punta} = 2.634$ ,  $\phi = 0.0$ ,  $N_c = 7.597$ ,  $c_{punta} = 1.500$

Port. lat. = 942.007 kN, Port. punta = 396.677 kN, P.P.Palo = 84.823 kN

Cmb. n.	Tipo	Palo n.	coord.X mm	coord.Y mm	N kN	N lim kN	Ver.N	Stato
500	SLV A1 sism.	540	0.00	0.00	-389.300	-569.866	0,683	Ok

Sollecitazioni:

Cmb n.	Tipo	Sism.	N kN	Tx kN	Ty kN	Mx kN mm	My kN mm
500	SLV A1	Si	-389.300	75.698	38.693	-96595.1600	-27201.2600

#### Elemento: 14 - Plinto su un palo

$N_q = 1.000$ ,  $\sigma_{punta} = 2.634$ ,  $\phi = 0.0$ ,  $N_c = 7.597$ ,  $c_{punta} = 1.500$

Port. lat. = 942.007 kN, Port. punta = 396.677 kN, P.P.Palo = 84.823 kN

Cmb. n.	Tipo	Palo n.	coord.X mm	coord.Y mm	N kN	N lim kN	Ver.N	Stato
502	SLV A1 sism.	540	0.00	0.00	-386.300	-569.866	0,678	Ok

Sollecitazioni:

Cmb n.	Tipo	Sism.	N kN	Tx kN	Ty kN	Mx kN mm	My kN mm
502	SLV A1	Si	-386.300	-4.840	58.912	-154338.3000	2990.7900

### VALORI DI CALCOLO DEI CEDIMENTI PER FONDAZIONI PROFONDE

#### Elemento: 1 - Plinto su un palo

Cmb. (Tipo) n.	Palo n.	coord.X mm	coord.Y mm	N kN	Ced.Vert mm
527 (SLD sism.)	1	0.00	0.00	-233.800	0.62

Sollecitazioni:

Cmb n.	Tipo	Sism.	N kN	Tx kN	Ty kN	Mx kN mm	My kN mm
527	SLD	Si	-233.800	-3.672	-13.049	36364.0900	8819.8790

#### Elemento: 2 - Plinto su un palo

Cmb. (Tipo) n.	Palo n.	coord.X mm	coord.Y mm	N kN	Ced.Vert mm
525 (SLD sism.)	1	0.00	0.00	-236.500	0.62

Sollecitazioni:

Cmb n.	Tipo	Sism.	N kN	Tx kN	Ty kN	Mx kN mm	My kN mm
525	SLD	Si	-236.500	20.169	-17.164	39594.8700	2498.4400

#### Elemento: 3 - Plinto su un palo

Cmb. (Tipo) n.	Palo n.	coord.X mm	coord.Y mm	N kN	Ced.Vert mm
514 (SLD sism.)	1	0.00	0.00	-206.700	0.55

Sollecitazioni:

<b>Cmb</b>	<b>Tipo</b>	<b>Sism.</b>	<b>N</b>	<b>Tx</b>	<b>Ty</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>
n.			kN	kN	kN	kN mm	kN mm
514	SLD	Si	-206.700	-54.896	29.712	7701.8100	14052.8000

**Elemento: 4 - Plinto su un palo**

<b>Cmb. (Tipo)</b>	<b>Palo</b>	<b>coord.X</b>	<b>coord.Y</b>	<b>N</b>	<b>Ced.Vert</b>
n.	n.	mm	mm	kN	mm
343 (SLE rare)	1	0.00	0.00	-210.200	0.55

Sollecitazioni:

<b>Cmb</b>	<b>Tipo</b>	<b>Sism.</b>	<b>N</b>	<b>Tx</b>	<b>Ty</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>
n.			kN	kN	kN	kN mm	kN mm
343	SLE rare	No	-210.200	-14.091	4.795	-9558.6400	12686.0200

**Elemento: 5 - Plinto su un palo**

<b>Cmb. (Tipo)</b>	<b>Palo</b>	<b>coord.X</b>	<b>coord.Y</b>	<b>N</b>	<b>Ced.Vert</b>
n.	n.	mm	mm	kN	mm
513 (SLD sism.)	1	0.00	0.00	-295.500	0.78

Sollecitazioni:

<b>Cmb</b>	<b>Tipo</b>	<b>Sism.</b>	<b>N</b>	<b>Tx</b>	<b>Ty</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>
n.			kN	kN	kN	kN mm	kN mm
513	SLD	Si	-295.500	6.502	-3.589	48112.3700	109451.1000

**Elemento: 6 - Plinto su un palo**

<b>Cmb. (Tipo)</b>	<b>Palo</b>	<b>coord.X</b>	<b>coord.Y</b>	<b>N</b>	<b>Ced.Vert</b>
n.	n.	mm	mm	kN	mm
508 (SLD sism.)	1	0.00	0.00	-226.700	0.60

Sollecitazioni:

<b>Cmb</b>	<b>Tipo</b>	<b>Sism.</b>	<b>N</b>	<b>Tx</b>	<b>Ty</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>
n.			kN	kN	kN	kN mm	kN mm
508	SLD	Si	-226.700	31.440	9.245	30938.5000	-3772.2100

**Elemento: 7 - Plinto su un palo**

<b>Cmb. (Tipo)</b>	<b>Palo</b>	<b>coord.X</b>	<b>coord.Y</b>	<b>N</b>	<b>Ced.Vert</b>
n.	n.	mm	mm	kN	mm
439 (SLE rare)	1	0.00	0.00	-224.000	0.59

Sollecitazioni:

<b>Cmb</b>	<b>Tipo</b>	<b>Sism.</b>	<b>N</b>	<b>Tx</b>	<b>Ty</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>
n.			kN	kN	kN	kN mm	kN mm
439	SLE rare	No	-224.000	0.004	0.028	-4800.2500	1041.8700

**Elemento: 8 - Plinto su un palo**

<b>Cmb. (Tipo)</b>	<b>Palo</b>	<b>coord.X</b>	<b>coord.Y</b>	<b>N</b>	<b>Ced.Vert</b>
n.	n.	mm	mm	kN	mm
343 (SLE rare)	1	0.00	0.00	-211.800	0.56

Sollecitazioni:

<b>Cmb</b>	<b>Tipo</b>	<b>Sism.</b>	<b>N</b>	<b>Tx</b>	<b>Ty</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>
n.			kN	kN	kN	kN mm	kN mm
343	SLE rare	No	-211.800	3.681	-1.024	695.9000	872.3500

**Elemento: 9 - Plinto su un palo**

<b>Cmb. (Tipo)</b>	<b>Palo</b>	<b>coord.X</b>	<b>coord.Y</b>	<b>N</b>	<b>Ced.Vert</b>
n.	n.	mm	mm	kN	mm
518 (SLD sism.)	1	0.00	0.00	-207.800	0.55

Sollecitazioni:

<b>Cmb</b>	<b>Tipo</b>	<b>Sism.</b>	<b>N</b>	<b>Tx</b>	<b>Ty</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>
n.			kN	kN	kN	kN mm	kN mm
518	SLD	Si	-207.800	-38.834	-9.779	-21824.4900	-6053.8000

**Elemento: 10 - Plinto su un palo**

<b>Cmb. (Tipo)</b>	<b>Palo</b>	<b>coord.X</b>	<b>coord.Y</b>	<b>N</b>	<b>Ced.Vert</b>
n.	n.	mm	mm	kN	mm
439 (SLE rare)	1	0.00	0.00	-234.200	0.62

Sollecitazioni:

<b>Cmb</b>	<b>Tipo</b>	<b>Sism.</b>	<b>N</b>	<b>Tx</b>	<b>Ty</b>	<b>Mx</b>	<b>My</b>
n.			kN	kN	kN	kN mm	kN mm

439 SLE rare No -234.200 1.590 -15.785 -29700.5000 -4739.0700

**Elemento: 11 - Plinto su un palo**

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	mm	mm	kN	mm
508 (SLD sism.)	1	0.00	0.00	-192.700	0.51

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			kN	kN	kN	kN mm	kN mm
508	SLD	Si	-192.700	32.400	0.589	11237.5600	-2049.7200

**Elemento: 12 - Plinto su un palo**

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	mm	mm	kN	mm
508 (SLD sism.)	1	0.00	0.00	-190.000	0.50

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			kN	kN	kN	kN mm	kN mm
508	SLD	Si	-190.000	35.646	-5.580	-4175.7200	2442.2700

**Elemento: 13 - Plinto su un palo**

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	mm	mm	kN	mm
532 (SLD sism.)	1	0.00	0.00	-280.800	0.74

Sollecitazioni:

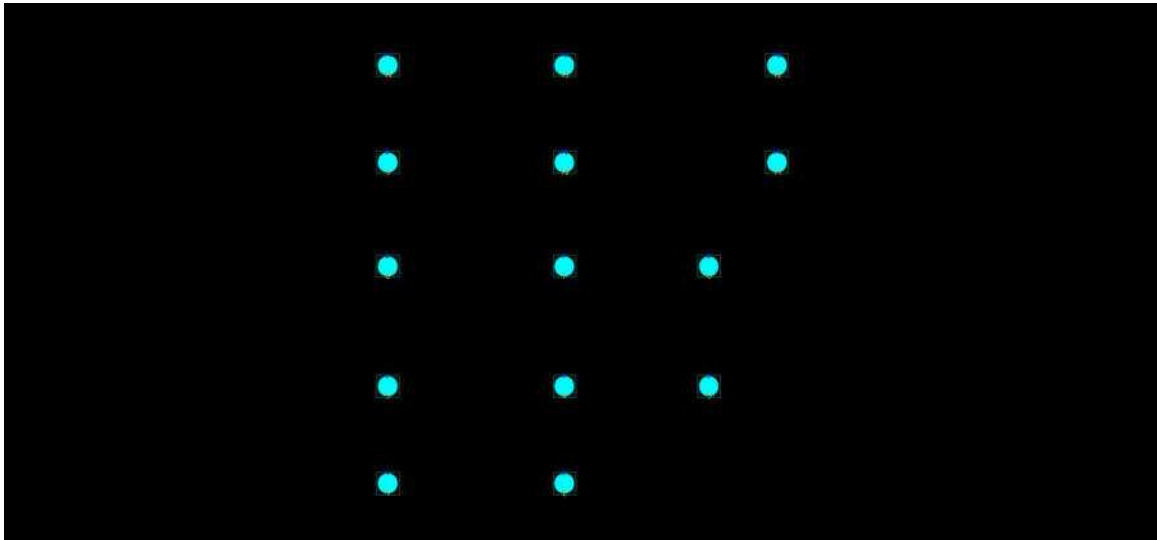
Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			kN	kN	kN	kN mm	kN mm
532	SLD	Si	-280.800	30.103	11.348	-44533.2500	-14097.7600

**Elemento: 14 - Plinto su un palo**

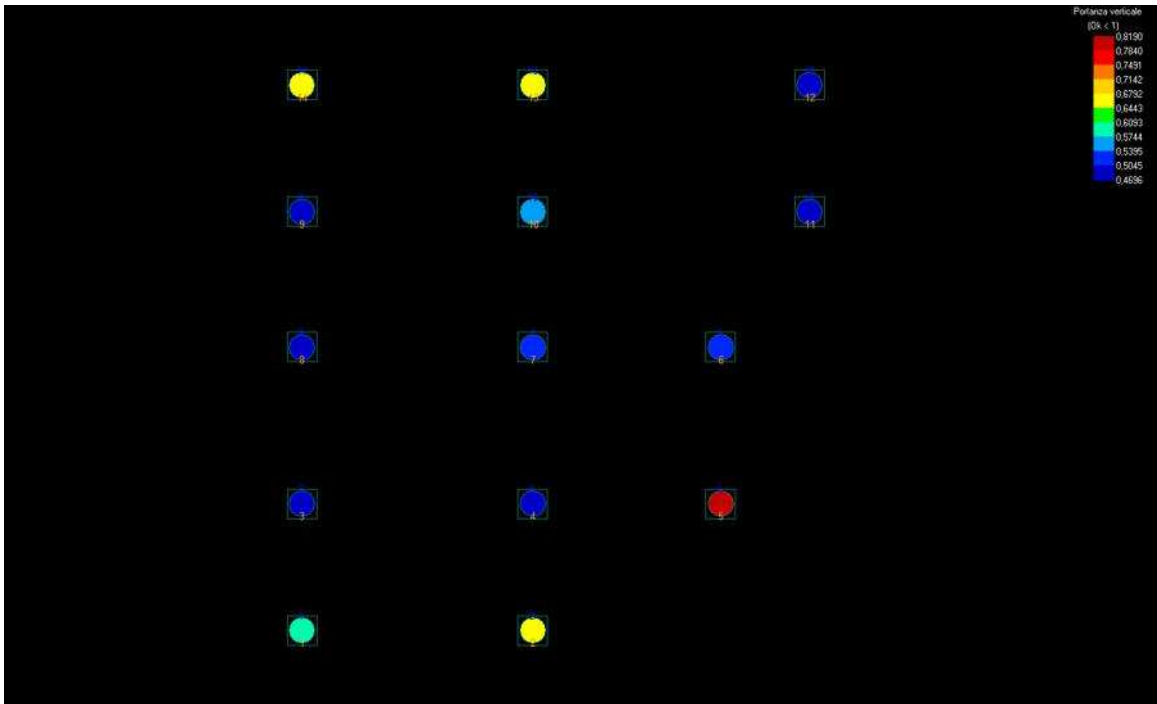
Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	mm	mm	kN	mm
534 (SLD sism.)	1	0.00	0.00	-255.500	0.67

Sollecitazioni:

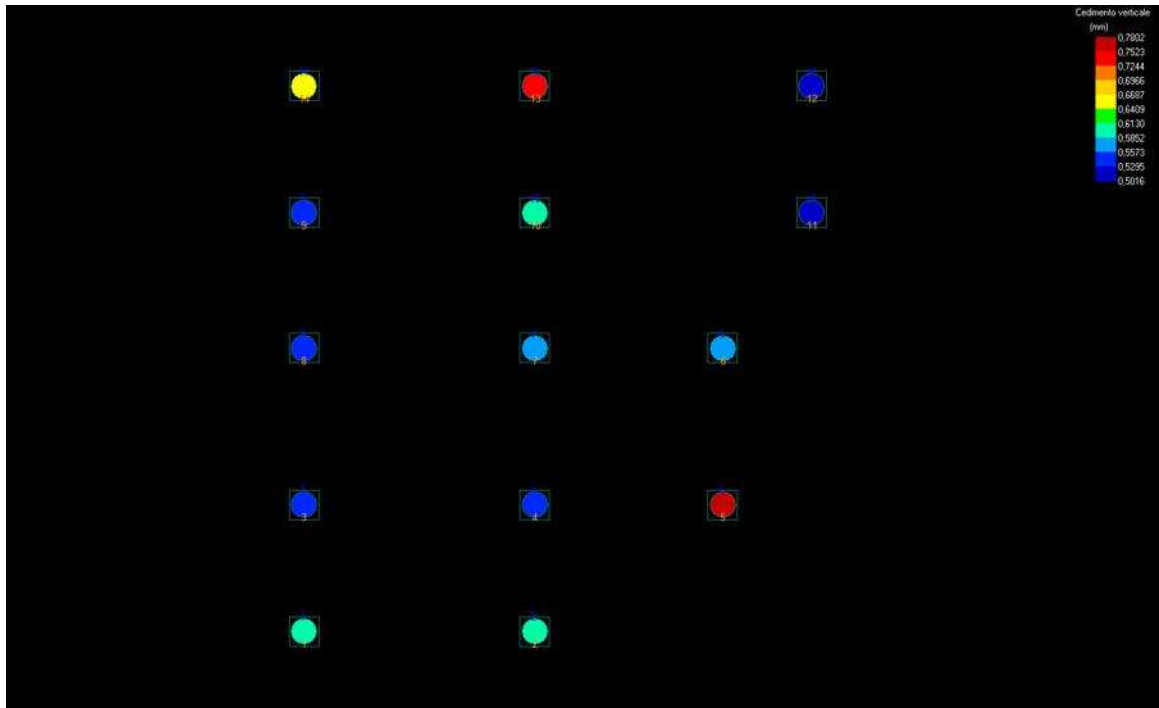
Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			kN	kN	kN	kN mm	kN mm
534	SLD	Si	-255.500	-6.227	19.862	-60223.3900	11320.9600



(Ciano = Verificato)



(Portanza verticale, valore massimo)



(Cedimento Verticale, valore massimo)