



REGIONE  
PUGLIA



PROVINCIA DI  
LECCE



COMUNE DI  
ARNESANO



COMUNE DI  
CARMIANO



COMUNE DI  
COPERTINO



COMUNE DI  
LECCE



COMUNE DI  
LEVERANO



COMUNE DI  
MONTERONI  
DI LECCE



COMUNE DI  
NOVOLI

Progetto di un impianto agrivoltaico avanzato per la produzione di energia rinnovabile solare, da ubicarsi in agro dei comuni di Arnesano (LE), Carmiano (LE), Copertino (LE) e Novoli (LE) unitamente alle relative opere di connessione alla RTN ricadenti anche nei comuni di Lecce (LE), Leverano (LE) e Monteroni di Lecce (LE)

Potenza nominale lato c.c. 50.963,64 kWp - Potenza nominale lato c.a. 44.480 kVA

Autorizzazione Unica ai sensi del D.Lgs. 29 dicembre 2003, n. 387 e ss.mm.ii.

### PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA

(ai sensi dell'art. 41 del D.Lgs. 36/2023)

Codice AU: I7SPTR4

## IMPIANTO AGRIFV RELAZIONE GEOTECNICA

DENOMINAZIONE ELABORATO

I7SPTR4\_RelazioneGeotecnica\_01

FORMATO

A4

SCALA

n.a.

#### PROGETTAZIONE:

**PROSVETA** s.r.l.

SOCIETÀ DI INGEGNERIA  
Viale Svezia, 7  
73100 - Lecce (LE) Z.I.  
P.IVA 04250160753  
Direttore Tecnico  
Ing. Francesco ROLLO



#### COMMITTENTE:

**SY04 S.r.l.**

Via Duca degli Abruzzi, 58

73100 - Lecce (LE)

P.IVA 05239340754

Legale Rappresentante

Franco RICCIATO

REV. N.	DATA	MOTIVO
00	agosto 2024	Prima emissione

## Sommario

1. PREMESSA.....	2
2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....	2
3. INDAGINI IN SITO E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE .....	2
4. DETERMINAZIONE DELLA PORTANZA VERTICALE DI FONDAZIONI PROFONDE.....	4
5. CARICO LIMITE VERTICALE ALLA PUNTA DEL PALO.....	5
6. CARICO LIMITE VERTICALE LUNGO LA SUPERFICIE LATERALE DEL PALO .....	9
7. DETERMINAZIONE DEI CEDIMENTI DI FONDAZIONI PROFONDE.....	11
8. SIMBOLOGIA ADOTTATA NEI TABULATI DI CALCOLO .....	13
9. PARAMETRI DI CALCOLO.....	15
10. ARCHIVIO STRATIGRAFIE.....	16
11. ARCHIVIO TERRENI .....	16
12. DATI GEOMETRICI DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI LE FONDAZIONI PROFONDE.....	17
13. VALORI DI CALCOLO DELLA PORTANZA VERTICALE PER FONDAZIONI PROFONDE.....	19
14. VALORI DI CALCOLO DEI CEDIMENTI PER FONDAZIONI PROFONDE .....	21



## 1. PREMESSA

La finalità della presente relazione è quella di definire il comportamento meccanico del volume di terreno e gli aspetti geotecnici relativi alle strutture di fondazione utili per il progetto di fattibilità tecnico-economica di un impianto per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile (solare), denominato **“05\_12\_13\_Arnesano”**, di potenza nominale lato c.c. pari a **50.963,64 kWp** e di potenza nominale lato c.a. pari a **44.480 kVA**.

In particolare, in questa relazione, saranno indagate le strutture di fondazione relative alle aree di impianto con particolare riferimento alle fondazioni profonde costituite da paletti in acciaio infissi nel terreno ed utili per sorreggere le strutture di sostegno dei moduli (tracker).

## 2. 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. 17/01/2018 - NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI**
- **Circolare n. 7 del 21/01/2019**

## 3. 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.

Negli elaborati di progetto, a cui si rimanda, costituiti dalla relazione geologica, redatta dal geologo Dott.

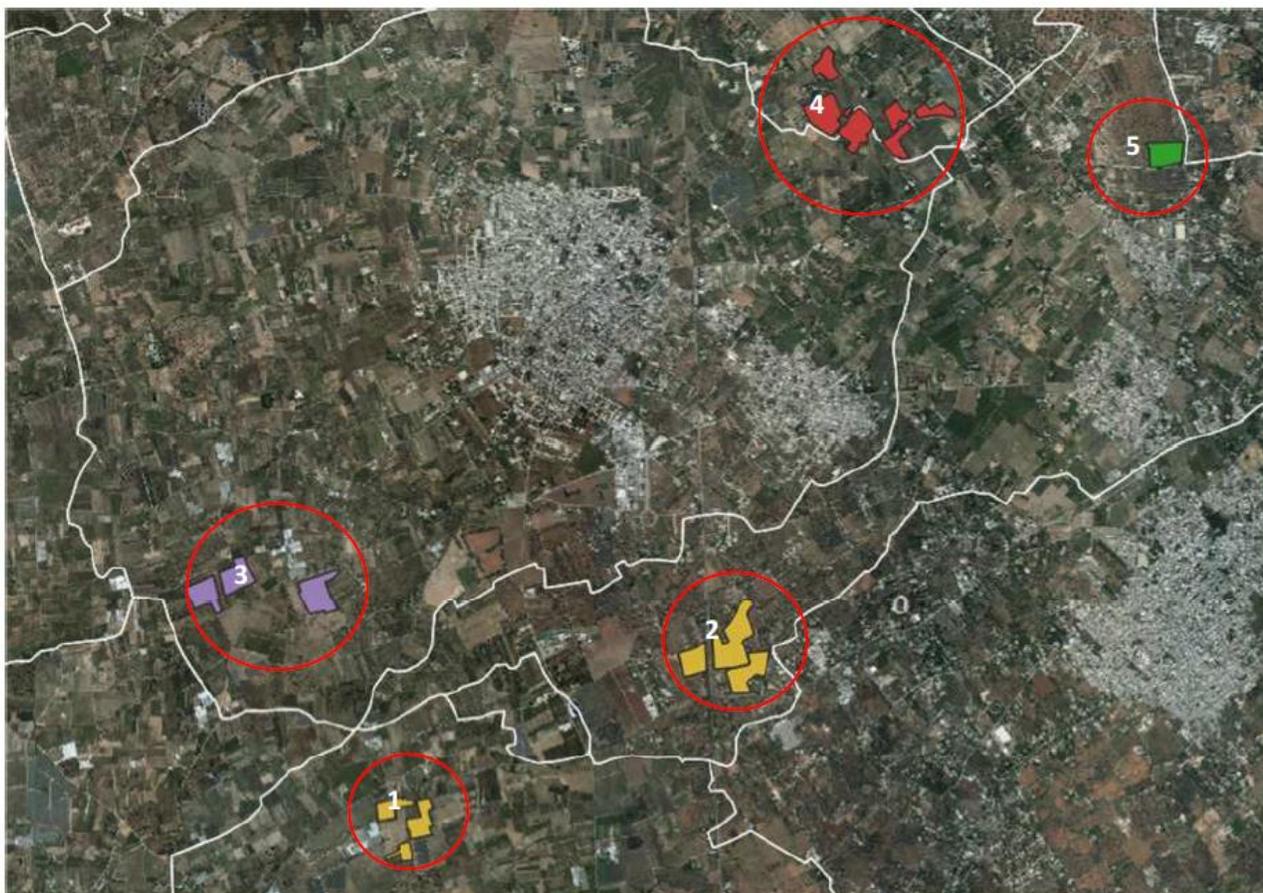
Gianluca Selleri, e geotecnica e sismica, parte integrante della presente relazione sulle strutture e di



calcolo, sono riportate tutte le informazioni inerenti alla caratterizzazione geotecnica ed alla capacità portante dei terreni di fondazione.

Si riporta di seguito lo schema riassuntivo dei terreni di fondazione nell'area in oggetto.

I vari siti di intervento ricadono in un settore della penisola salentina posto a ridosso dell'abitato di Lecce dove il substrato geologico è caratterizzato da una certa varietà litologica; qui, infatti, la serie geologica affiorante si compone di unità di litologia carbonatica e di unità di litologia terrigena ed essa copre un intervallo di tempo geologico relativamente ampio.



**Individuazione delle macroaree di intervento (in bianco sono cartografati i limiti comunali)**

Questa serie è rappresentata dalle seguenti unità (elencate dalla più antica alla più recente):

- Calcarea di Altamura (Cretaceo superiore) in verde scuro;
- Unità oligo-mioceniche (Formazione di Galatone, Formazione di Lecce e Pietra leccese) non affioranti nell'area della carta geologica;

Calcarenite di Gravina (Pleistocene inferiore) in verde chiaro;

Depositi marini terrazzati (Pleistocene medio e superiore) in marrone chiaro.



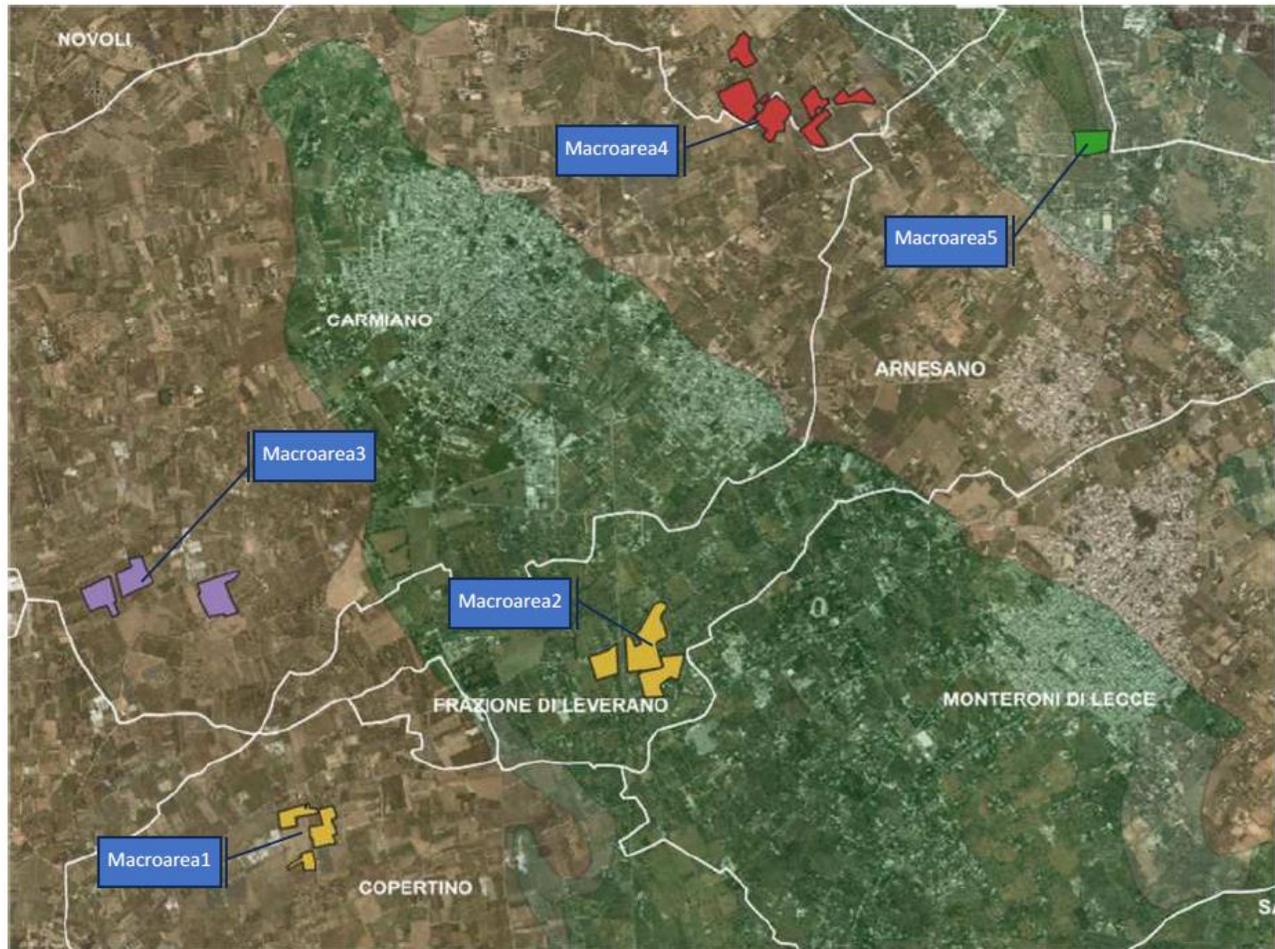
**PROSVETA S.r.l.**

Sede legale: Viale Svevia n. 7 – Z.I. – 73100 Lecce (LE) Tel. 0832.363985 Fax 0832.361468

Partita IVA 04250160753 Codice Fiscale 04250160753 Registro Imprese – R.E.A. 277255

E-mail: [info@prosvetasrl.it](mailto:info@prosvetasrl.it) P.E.C.: [prosveta@pec.it](mailto:prosveta@pec.it) Sito Web: [www.prosvetasrl.it](http://www.prosvetasrl.it)

Dalla figura che segue emerge che i siti delle macroaree 2 e 5 ricadono su affioramenti di rocce calcaree ascrivibili al Calcarea di Altamura ed alla Calcarenite di Gravina (il substrato carbonatico nel perimetro della macroarea 5 è ricoperto da 1 m a 2.5-3 m di sabbie marroncine mentre nel perimetro della macroarea 2 esso è ricoperto da depositi eluvio-colluviali potenti fino a 1 m); i siti delle macroaree 1, 3 e 4 ricadono invece in corrispondenza di un esteso affioramento dei Depositi marini terrazzati. Le unità oligo-mioceniche si rinvenivano localmente nel sottosuolo.



**Carta Geologica**

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

#### **4. 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
- $\eta_I$  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.

## 5. 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  $\varphi_{\text{corp}}$  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  $\varphi \neq 0$  (condizione drenata) si ha:

$$\begin{aligned}
 N_q &= \text{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right) \cdot e^{\pi \cdot \text{tg}(\phi)} & N_c &= (N_q - 1) \cdot \text{ctg}(\phi) \\
 s_q &= 1 + 0.1 \cdot \text{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right) & s_c &= 1 + 0.2 \cdot \text{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right) && \text{(fattori di forma)} \\
 d_q &= 1 + 0.1 \cdot \frac{L}{D} \cdot \sqrt{\text{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right)} & d_c &= 1 + 0.2 \cdot \frac{L}{D} \cdot \sqrt{\text{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right)} && \text{(fattori d'approfondimento)} \\
 N_q^* &= N_q \cdot s_q \cdot d_q & N_c^* &= N_c \cdot s_c \cdot d_c
 \end{aligned}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

$$N_q^* = 1.00$$

$$N_c^* = 9.00$$

### 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.

$\Lambda/\Delta$	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	10.7	15.8	22.9	32.6	45.5	62.6	85.1	114.	152.	202.	266.	350.	460.	605.
						3	5	5	2	6	9	8	53	71	32	82	86	79	36
12	1.04	1.77	2.46	3.64	5.52	8.42	12.7	18.8	27.4	39.2	55.0	76.2	104.	140.	188.	251.	334.	442.	584.
							1	5	4	1	7	0	13	81	86	72	05	17	82
20	1.03	1.63	2.20	3.20	4.82	7.38	11.2	16.8	24.7	35.7	50.8	71.0	98.0	133.	180.	242.	323.	430.	571.
							2	2	6	9	3	6	1	65	59	29	39	21	48
28	1.03	1.54	2.05	2.93	4.40	6.72	10.2	15.4	22.9	33.4	47.8	67.3	93.5	128.	174.	235.	315.	420.	561.
							6	8	6	3	4	7	4	35	39	13	21	95	08
36	1.02	1.49	1.94	2.75	4.10	6.26	9.57	14.4	21.6	31.6	45.5	64.4	90.0	124.	169.	229.	308.	413.	552.
							9	9	0	4	3	8	0	10	36	27	46	26	38
50	1.02	1.42	1.82	2.53	3.74	5.68	8.70	13.2	19.8	29.2	42.4	60.5	85.1	118.	162.	220.	298.	402.	539.
							3	4	4	7	5	6	4	18	30	95	80	16	74
75	1.02	1.35	1.69	2.30	3.33	5.02	7.69	11.7	17.7	26.3	38.5	55.5	78.8	110.	152.	209.	285.	386.	522.
							4	4	3	7	8	5	2	38	84	67	53	74	01
100	1.01	1.31	1.61	2.14	3.07	4.60	7.02	10.7	16.2	24.3	35.8	51.9	74.1	104.	145.	201.	275.	374.	507.
							4	4	8	4	4	5	9	56	68	02	23	64	95
200	1.01	1.22	1.44	1.84	2.54	3.71	5.60	8.56	13.0	19.7	29.4	43.3	62.8	89.9	127.	178.	247.	341.	468.
									5	3	3	0	2	5	29	30	63	59	90
500	1.01	1.14	1.29	1.55	2.02	2.82	4.14	6.24	9.50	14.4	21.8	32.6	48.2	70.4	101.	145.	206.	290.	406.
										5	3	4	5	9	85	69	57	75	87

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

$\Lambda/\Delta$	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	10.5	13.4	17.1	21.8	27.9	35.6	45.5	58.1	74.2	94.8	121.	154.	197.
							0	1	2	7	2	5	3	4	4	0	05	57	38
12	1.21	3.14	3.98	5.05	6.42	8.14	10.3	13.1	16.6	21.1	26.9	34.1	43.4	55.1	70.0	89.0	113.	143.	182.
							4	3	8	8	0	7	1	5	7	3	13	77	72
20	1.26	3.18	4.01	5.06	6.39	8.06	10.1	12.8	16.2	20.4	25.8	32.6	41.2	52.1	65.8	83.2	105.	132.	168.
							8	5	3	9	8	9	9	6	9	6	21	97	06



**PROSVETA S.r.l.**

Sede legale: Viale Svevia n. 7 – Z.I. – 73100 Lecce (LE) Tel. 0832.363985 Fax 0832.361468

Partita IVA 04250160753 Codice Fiscale 04250160753 Registro Imprese – R.E.A. 277255

E-mail: [info@prosvetasrl.it](mailto:info@prosvetasrl.it) P.E.C.: [prosveta@pec.it](mailto:prosveta@pec.it) Sito Web: [www.prosvetasrl.it](http://www.prosvetasrl.it)

28	1.30	3.22	4.04	5.07	6.36	7.99	10.0	12.5	15.7	19.8	24.8	31.2	39.1	49.1	61.7	77.4	97.2	122.	153.
							2	7	8	1	6	0	7	6	2	9	9	16	40
36	1.35	3.27	4.07	5.08	6.34	7.91	9.86	12.3	15.3	19.1	23.8	29.7	37.0	46.1	57.5	71.7	89.3	111.	138.
								0	3	2	4	2	4	7	5	2	8	36	75
44	1.39	3.31	4.10	5.09	6.31	7.83	9.70	12.0	14.8	18.4	22.8	28.2	34.9	43.1	53.3	65.9	81.4	100.	124.
								2	8	3	1	3	2	8	8	5	6	56	09
52	1.44	3.35	4.14	5.10	6.29	7.75	9.54	11.7	14.4	17.7	21.7	26.7	32.8	40.1	49.2	60.1	73.5	89.7	109.
								4	4	4	9	5	0	9	1	8	4	6	43
56	1.46	3.37	4.15	5.10	6.27	7.71	9.46	11.6	14.2	17.4	21.2	26.0	31.7	38.7	47.1	57.3	69.5	84.3	102.
								0	1	0	8	0	4	0	2	0	8	6	10
60	1.49	3.39	4.17	5.11	6.26	7.67	9.38	11.4	13.9	17.0	20.7	25.2	30.6	37.2	45.0	54.4	65.6	78.9	94.7
								6	9	6	7	6	8	0	3	2	2	6	7
65	1.51	3.42	4.19	5.12	6.25	7.62	9.28	11.2	13.7	16.6	20.1	24.3	29.3	35.3	42.4	50.8	60.6	72.2	85.6
								9	1	3	3	3	5	3	3	1	7	1	1

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

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

$$N_q^* = 1.00 \qquad N_c^* = 9.00$$

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

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

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

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

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

$$N_q^* = 1.00 \qquad N_c^* = \frac{4}{3} \cdot (\log_n(I_{rr}) + 1) + \frac{\pi}{2} + 1$$

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:

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

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

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

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

$$\vartheta = 60 + 0.45 \cdot Dr \qquad \text{dove "Dr" è la densità relativa del terreno.}$$

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.

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

$$s_q = 1.00$$

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

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

$$s_c = 1.30$$

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

$$\text{se } \phi = 0 \Rightarrow N_c = \frac{3}{2} \cdot \pi + 1$$

(fattori di forma)

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

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

$$s_q = 1.00$$

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

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

$$s_c = 1.30$$

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

(fattori di forma)

## 6. 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:

- $\chi_\alpha$       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 "infilato" 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:

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

Esprimendo il valore di " $c_*$ " in N/cm<sup>2</sup>, il coefficiente d'adesione " $\psi$ " può assumere i seguenti valori:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Woodward (consigliato per pali trivellati)**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Il valore della tensione orizzontale " $\sigma_h$ " è correlato al valore della pressione verticale " $\sigma_v$ " per mezzo del coefficiente di spinta orizzontale " $K_s$ " secondo la seguente relazione:

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

Il valore di " $K_s$ " 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  $K_s$ .

Opzione 1:

Metodo "Tomlinson (1971)"



$K_s$  può variare da un limite inferiore pari al coefficiente di spinta a riposo " $K_0$ " fino a valori prossimi al coefficiente di spinta passiva " $K_p$ "; i valori proposti sono:

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

pali infissi:  $K_s =$  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  $\alpha$  variabile tra 2/3 e 1

pali infissi:  $K_s = \alpha K_0$  con  $\alpha$  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:

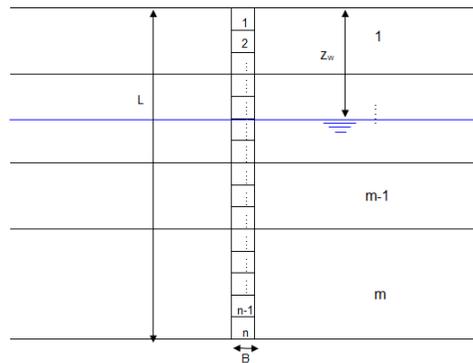
$$\delta = \text{arctg}(\text{tg}(\phi)) \quad (\text{per pali trivellati}) \quad \delta = \text{arctg}\left(\frac{3}{4} \cdot \text{tg}(\phi)\right) \quad (\text{per pali infissi})$$

## 7. DETERMINAZIONE DEI CEDIMENTI DI FONDAZIONI PROFONDE

Per la determinazione del comportamento del palo singolo sottoposto a carichi applicati alla sommità, si fa riferimento all'approccio semiempirico delle curve di trasferimento (Coyle e Reese (1966)). Il metodo delle curve di trasferimento è basato su dati provenienti da prove di carico su pali strumentati; elaborando tali dati è possibile costruire le curve di trasferimento che legano la tensione tangenziale mobilitata all'interfaccia palo-terreno lungo un concio del palo con lo spostamento relativo.

La curva di trasferimento si ottiene con una procedura che prevede i seguenti passi:

1. Suddivisione del palo in n conci



2. Definizione della resistenza limite del palo sulla base delle caratteristiche geometriche e delle caratteristiche del terreno. In presenza di terreno stratificato la resistenza sarà uguale alla sommatoria delle resistenze limite di ogni strato di terreno attraversato dal palo.
3. Si assegna all'estremità inferiore del palo (concio n) un cedimento  $Wp$ .
4. Si considera la curva di trasferimento appropriata (carico alla punta-cedimento) in base alla tecnologia costruttiva e al tipo di terreno presente e, noto il cedimento  $Wp$ , si ricava il carico alla



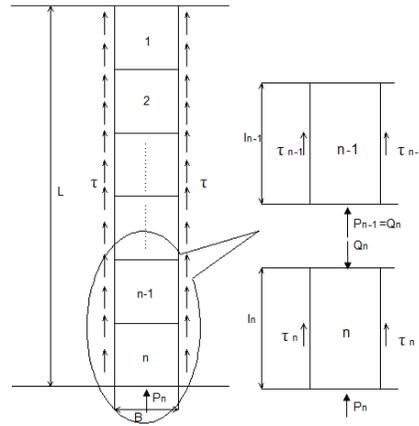
**PROSVETA S.r.l.**

Sede legale: Viale Svevia n. 7 – Z.I. – 73100 Lecce (LE) Tel. 0832.363985 Fax 0832.361468

Partita IVA 04250160753 Codice Fiscale 04250160753 Registro Imprese – R.E.A. 277255

E-mail: [info@prosvetasrl.it](mailto:info@prosvetasrl.it) P.E.C.: [prosveta@pec.it](mailto:prosveta@pec.it) Sito Web: [www.prosvetasrl.it](http://www.prosvetasrl.it)

punta  $P_n$ .



5. Si ipotizza che il cedimento alla base del concio  $W_p$  sia uguale al cedimento  $W_n$  che si verifica a metà del concio ( $W_p=W_n$ ).
6. Con il valore di  $W_n$  si entra nell'appropriata curva di trasferimento (carico laterale-cedimento) e, nota la resistenza tangenziale limite, si ricava la tensione tangenziale mobilitata.
7. Il carico  $Q_n$  agente sulla sommità del concio n-esimo è dato da:

$$Q_n = P_n + \tau_n \pi B l$$

Dove:

$$l = \frac{L}{n}$$

8. Si calcola l'abbassamento elastico in corrispondenza della metà del concio n

$$V_n = \frac{Q_n + P_n}{2} \frac{2l}{\pi B^2 E_p}$$

9. Si somma il valore calcolato di  $V_n$  con il valore di cedimento  $W_p$  ipotizzato inizialmente:



$$W_n' = V_n + W_p$$

10. Se il valore  $W_n'$  differisce in maniera significativa dal valore di  $W_n$  si riparte da passo 3 entrando nella curva di trasferimento con il valore di  $W_n'$ .
11. Quando si ottiene la giusta convergenza si passa a considerare il concio (n-1) e così via fino ad arrivare alla testa del palo.

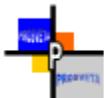
Il risultato di questa procedura è una curva carico-cedimento con la quale è possibile ricavare i cedimenti sulla base del carico applicato.

## 8. 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



**PROSVETA S.r.l.**

Sede legale: Viale Svevia n. 7 – Z.I. – 73100 Lecce (LE) Tel. 0832.363985 Fax 0832.361468

Partita IVA 04250160753 Codice Fiscale 04250160753 Registro Imprese – R.E.A. 277255

E-mail: [info@prosvetasrl.it](mailto:info@prosvetasrl.it) P.E.C.: [prosveta@pec.it](mailto:prosveta@pec.it) Sito Web: [www.prosvetasrl.it](http://www.prosvetasrl.it)

- 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



**PROSVETA S.r.l.**

Sede legale: Viale Svevia n. 7 – Z.I. – 73100 Lecce (LE) Tel. 0832.363985 Fax 0832.361468

Partita IVA 04250160753 Codice Fiscale 04250160753 Registro Imprese – R.E.A. 277255

E-mail: [info@prosvetasrl.it](mailto:info@prosvetasrl.it) P.E.C.: [prosveta@pec.it](mailto:prosveta@pec.it) Sito Web: [www.prosvetasrl.it](http://www.prosvetasrl.it)

- V. V. Tra. 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

## 9. 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): 1,00
- Coeff. M1 per  $C_u$  (statico): 1,00



PROSVETA S.r.l.

Sede legale: Viale Svevia n. 7 – Z.I. – 73100 Lecce (LE) Tel. 0832.363985 Fax 0832.361468

Partita IVA 04250160753 Codice Fiscale 04250160753 Registro Imprese – R.E.A. 277255

E-mail: [info@prosvetasrl.it](mailto:info@prosvetasrl.it) P.E.C.: [prosveta@pec.it](mailto:prosveta@pec.it) Sito Web: [www.prosvetasrl.it](http://www.prosvetasrl.it)

- Coeff. M1 per Tan  $\phi$  (sismico): 1,00
- Coeff. M1 per c' (sismico): 1,00
- Coeff. M1 per Cu sismico): 1,00
- Coeff. R3 base: 1,35
- Coeff. R3 laterale in compressione: 1,15
- Coeff. R3 laterale in trazione: 1,25
- Coeff. R3 trasversale: 1,30

Fattore di correlazione Verticale: 1,70  
 Fattore di correlazione Trasversale: 1,70

## 10. ARCHIVIO STRATIGRAFIE

Indice / Descrizione: 001 / Nuova stratigrafia n. 1  
 Numero strati: 3  
 Profondità falda: assente

Strato n. Neg.	Quota di riferimento	Spessore	Indice / Descrizione terreno	Attrito
1	da 0,0 a -50,0 cm	50,0 cm	003 / Terreno vegetale	Assente
2	da -50,0 a -200,0 cm	150,0 cm	001 / Sabbia sciolta	Assente
3	da -200,0 a -500,0 cm	300,0 cm	002 / Sabbia argillosa compatta	Assente

## 11. ARCHIVIO TERRENI

Indice / Descrizione terreno: **003 / Terreno vegetale**  
 Comportamento del terreno: condizione non drenata

Peso Spec.	P. Spec. Sat.		Coes.non dren.	Mod.Elast.		Mod.Edom.	
Dens.Rel.	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>			
1,305 E-3	1,305 E-3	0,257	289,579	232,540	10,0	0,000	1,00

Indice / Descrizione terreno: **001 / Sabbia sciolta**  
 Comportamento del terreno: condizione non drenata

Peso Spec.	P. Spec. Sat.		Coes.non dren.	Mod.Elast.		Mod.Edom.	
Dens.Rel.	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>			
1,687 E-3	1,900 E-3	0,835	2909,094	2336,090	80,0	0,372	1,00

Indice / Descrizione terreno: **002 / Sabbia argillosa compatta**  
 Comportamento del terreno: condizione drenata

Peso Spec.	P. Spec. Sat.		Angolo Res.	Coesione		Mod.Elast.		Mod.Edom.	
Dens.Rel.	Dens.Rel.	Poisson	C. Ades.	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	%	%		
daN/cm <sup>3</sup>	daN/cm <sup>3</sup>	Gradi°	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>				
1,600 E-3	2,000 E-3	26,000	0,100	89,250	150,000	60,0	0,360	0,90	



## 12. DATI GEOMETRICI DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI LE FONDAZIONI PROFONDE

**Elemento: 1 - Palo singolo - 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.
217,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	1	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.testaVin.piede**

cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm					codice	codice
8,0	150,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,00	1,00	1,00		0	1; 1; 1

**Palo Asc. X'Ord. Y'**

n.	cm	cm
1	0,0	0,0

**Elemento: 3 - Palo singolo - 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.
750,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	3	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.testaVin.piede**

cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm					codice	codice
8,0	150,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,00	1,00	1,00		0	1; 1; 1

**Palo Asc. X'Ord. Y'**

n.	cm	cm
1	0,0	0,0

**Elemento: 5 - Palo singolo - 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.
1150,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	5	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.testaVin.piede**

cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm					codice	codice
8,0	150,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,00	1,00	1,00		0	1; 1; 1

**Palo Asc. X'Ord. Y'**

n.	cm	cm
1	0,0	0,0

**Elemento: 7 - Palo singolo - 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.
1550,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	7	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.testaVin.piede**

cm					codice	codice							



**PROSVETA S.r.l.**

Sede legale: Viale Svevia n. 7 – Z.I. – 73100 Lecce (LE) Tel. 0832.363985 Fax 0832.361468

Partita IVA 04250160753 Codice Fiscale 04250160753 Registro Imprese – R.E.A. 277255

E-mail: [info@prosvetasrl.it](mailto:info@prosvetasrl.it) P.E.C.: [prosveta@pec.it](mailto:prosveta@pec.it) Sito Web: [www.prosvetasrl.it](http://www.prosvetasrl.it)



3283,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,00 15 001

**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.testaVin.piede**  
 cm cm cm cm cm cm cm cm codice codice  
 8,0 150,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 1,00 1,00 1,00 0 1; 1; 1

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

### 13. VALORI DI CALCOLO DELLA PORTANZA VERTICALE PER FONDAZIONI PROFONDE

**Elemento: 1 - Palo singolo**

$N_q = 1.000$ ,  $\sigma_{punta} = 0.234$ ,  $\phi = 0.0$ ,  $N_c = 13.359$ ,  $c_{punta} = 0.835$   
 Port. lat. = 2420.0 daN, Port. punta = 572.2 daN, P.P.Palo = 59.2 daN

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	N	N lim	Ver.N	Stato
n.		n.	cm	cm	daN	daN		
001	SLU STR	1	0.000	0.000	-486.6	-1428.0	0,341	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
001	SLU STR	No	-486.6	-1.8	0.0	0.0	-11.0

**Elemento: 3 - Palo singolo**

$N_q = 1.000$ ,  $\sigma_{punta} = 0.234$ ,  $\phi = 0.0$ ,  $N_c = 13.359$ ,  $c_{punta} = 0.835$   
 Port. lat. = 2420.0 daN, Port. punta = 572.2 daN, P.P.Palo = 59.2 daN

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	N	N lim	Ver.N	Stato
n.		n.	cm	cm	daN	daN		
001	SLU STR	1	0.000	0.000	-475.1	-1428.0	0,333	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
001	SLU STR	No	-475.1	11.3	0.0	0.0	45.8

**Elemento: 5 - Palo singolo**

$N_q = 1.000$ ,  $\sigma_{punta} = 0.234$ ,  $\phi = 0.0$ ,  $N_c = 13.359$ ,  $c_{punta} = 0.835$   
 Port. lat. = 2420.0 daN, Port. punta = 572.2 daN, P.P.Palo = 59.2 daN

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	N	N lim	Ver.N	Stato
n.		n.	cm	cm	daN	daN		
001	SLU STR	1	0.000	0.000	-423.0	-1428.0	0,296	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
001	SLU STR	No	-423.0	-1.5	0.0	0.0	-8.5

**Elemento: 7 - Palo singolo**

$N_q = 1.000$ ,  $\sigma_{punta} = 0.234$ ,  $\phi = 0.0$ ,  $N_c = 13.359$ ,  $c_{punta} = 0.835$



Port. lat. = 2420.0 daN, Port. punta = 572.2 daN, P.P.Palo = 59.2 daN

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	N	N lim	Ver.N	Stato
n.		n.	cm	cm	daN	daN		
001	SLU STR	1	0.000	0.000	-430.7	-1428.0	0,302	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
001	SLU STR	No	-430.7	0.2	0.0	0.0	0.3

### Elemento: 9 - Palo singolo

$N_q = 1.000$ ,  $\sigma_{punta} = 0.234$ ,  $\phi = 0.0$ ,  $N_c = 13.359$ ,  $c_{punta} = 0.835$

Port. lat. = 2420.0 daN, Port. punta = 572.2 daN, P.P.Palo = 59.2 daN

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	N	N lim	Ver.N	Stato
n.		n.	cm	cm	daN	daN		
001	SLU STR	1	0.000	0.000	-430.7	-1428.0	0,302	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
001	SLU STR	No	-430.7	-0.2	0.0	0.0	-0.3

### Elemento: 11 - Palo singolo

$N_q = 1.000$ ,  $\sigma_{punta} = 0.234$ ,  $\phi = 0.0$ ,  $N_c = 13.359$ ,  $c_{punta} = 0.835$

Port. lat. = 2420.0 daN, Port. punta = 572.2 daN, P.P.Palo = 59.2 daN

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	N	N lim	Ver.N	Stato
n.		n.	cm	cm	daN	daN		
001	SLU STR	1	0.000	0.000	-423.0	-1428.0	0,296	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
001	SLU STR	No	-423.0	1.5	0.0	0.0	8.5

### Elemento: 13 - Palo singolo

$N_q = 1.000$ ,  $\sigma_{punta} = 0.234$ ,  $\phi = 0.0$ ,  $N_c = 13.359$ ,  $c_{punta} = 0.835$

Port. lat. = 2420.0 daN, Port. punta = 572.2 daN, P.P.Palo = 59.2 daN

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	N	N lim	Ver.N	Stato
n.		n.	cm	cm	daN	daN		
001	SLU STR	1	0.000	0.000	-475.1	-1428.0	0,333	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
001	SLU STR	No	-475.1	-11.3	0.0	0.0	-45.8

### Elemento: 15 - Palo singolo

$N_q = 1.000$ ,  $\sigma_{punta} = 0.234$ ,  $\phi = 0.0$ ,  $N_c = 13.359$ ,  $c_{punta} = 0.835$

Port. lat. = 2420.0 daN, Port. punta = 572.2 daN, P.P.Palo = 59.2 daN

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	N	N lim	Ver.N	Stato
n.		n.	cm	cm	daN	daN		
001	SLU STR	1	0.000	0.000	-486.6	-1428.0	0,341	Ok



**PROSVETA S.r.l.**

Sede legale: Viale Svevia n. 7 – Z.I. – 73100 Lecce (LE) Tel. 0832.363985 Fax 0832.361468

Partita IVA 04250160753 Codice Fiscale 04250160753 Registro Imprese – R.E.A. 277255

E-mail: [info@prosvetasrl.it](mailto:info@prosvetasrl.it) P.E.C.: [prosveta@pec.it](mailto:prosveta@pec.it) Sito Web: [www.prosvetasrl.it](http://www.prosvetasrl.it)

Sollecitazioni:

Cmb Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.		daN	daN	daN	daN cm	daN cm
001 SLU STR	No	-486.6	1.8	0.0	0.0	11.0

## 14. VALORI DI CALCOLO DEI CEDIMENTI PER FONDAZIONI PROFONDE

**Elemento: 1 - Palo singolo**

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	cm	cm	daN	cm
003 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-374.3	0.000

Sollecitazioni:

Cmb Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.		daN	daN	daN	daN cm	daN cm
003 SLE rare	No	-374.3	-1.4	0.0	0.0	-8.5

**Elemento: 3 - Palo singolo**

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	cm	cm	daN	cm
003 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-365.5	0.000

Sollecitazioni:

Cmb Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.		daN	daN	daN	daN cm	daN cm
003 SLE rare	No	-365.5	8.7	0.0	0.0	35.2

**Elemento: 5 - Palo singolo**

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	cm	cm	daN	cm
003 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-325.4	0.000

Sollecitazioni:

Cmb Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.		daN	daN	daN	daN cm	daN cm
003 SLE rare	No	-325.4	-1.2	0.0	0.0	-6.5

**Elemento: 7 - Palo singolo**

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	cm	cm	daN	cm
003 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-331.3	0.000

Sollecitazioni:

Cmb Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.		daN	daN	daN	daN cm	daN cm
003 SLE rare	No	-331.3	0.2	0.0	0.0	0.2

**Elemento: 9 - Palo singolo**

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	cm	cm	daN	cm
003 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-331.3	0.000

Sollecitazioni:



**PROSVETA S.r.l.**

Sede legale: Viale Svevia n. 7 – Z.I. – 73100 Lecce (LE) Tel. 0832.363985 Fax 0832.361468  
 Partita IVA 04250160753 Codice Fiscale 04250160753 Registro Imprese – R.E.A. 277255  
 E-mail: [info@prosvetasrl.it](mailto:info@prosvetasrl.it) P.E.C.: [prosveta@pec.it](mailto:prosveta@pec.it) Sito Web: [www.prosvetasrl.it](http://www.prosvetasrl.it)

Cmb Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.		daN	daN	daN	daN cm	daN cm
003 SLE rare	No	-331.3	-0.2	0.0	0.0	-0.2

**Elemento: 11 - Palo singolo**

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	cm	cm	daN	cm
003 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-325.4	0.000

Sollecitazioni:

Cmb Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.		daN	daN	daN	daN cm	daN cm
003 SLE rare	No	-325.4	1.2	0.0	0.0	6.5

**Elemento: 13 - Palo singolo**

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	cm	cm	daN	cm
003 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-365.5	0.000

Sollecitazioni:

Cmb Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.		daN	daN	daN	daN cm	daN cm
003 SLE rare	No	-365.5	-8.7	0.0	0.0	-35.2

**Elemento: 15 - Palo singolo**

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	cm	cm	daN	cm
003 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-374.3	0.000

Sollecitazioni:

Cmb Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.		daN	daN	daN	daN cm	daN cm
003 SLE rare	No	-374.3	1.4	0.0	0.0	8.5

