



COMMITTENTE:

RWE**RWE RENEWABLES ITALIA S.R.L.**Via Andrea Doria, 41/G - 00192 Roma
P.IVA/C.F. 06400370968
PEC: rwerenewablesitaliasrl@legalmail.it

COLLABORAZIONE TECNICA:

PCR**PCR ENERGY S.R.L.**Via Nazionale -Fraz. Zuppino, 84029-Sicignano degli Alburni (SA)
P.IVA/C.F. 05857410657
PEC: pcrenergysrl@pec.it

TITOLO DEL PROGETTO:

PROGETTO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA DENOMINATO "OLIVOLA" DELLA POTENZA DI 77.994,84 KWP, LOCALIZZATO IN AREA IDONEA, OVVERO, IN PARTE IN AREA A DESTINAZIONE INDUSTRIALE, ARTIGIANALE, E COMMERCIALE AI SENSI DELL'ARTICOLO 22-BIS DEL D.LGS. 199/2021 E, IN PARTE, IN AREE AGRICOLE IDONEE POSTE A DISTANZA INFERIORE A 500 METRI DALLE STESSE, AI SENSI DELL'ARTICOLO 20 DEL D.LGS. 199/2021, COMPRESIVO DELLE RELATIVE OPERE ELETTRICHE CONNESSE ED INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI, DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI BENEVENTO (BN) IN CONTRADA "OLIVOLA"

DOCUMENTO:

PROGETTO DEFINITIVO

N° DOCUMENTO:

PVOLIV-P12.01-00

ID PROGETTO	PVOLIV	DISCIPLINA	PD	TIPOLOGIA	R	FORMATO	A4
-------------	--------	------------	----	-----------	---	---------	----

ELABORATO:

RELAZIONE GEOTECNICA PRELIMINARE

FOGLIO

SCALA

NOME FILE

PVOLIV-P12.01-00.PDF

PROGETTAZIONE:

**gaia
tech**

GaiaTech S.r.l.

Via Beato F. Marino, snc-Z.I.

87040 Zumpano (CS)

www.gaiatech.it

P.IVA 03497340780

REA CS/239194

DIRETTORE TECNICO:

Ing. Dario DOCIMO



GRUPPO TECNICO:

Ing. Giovanni GRECO

Ing. Eugenio GRECO

Ing. Gaetano DE ROSE

Ing. Biagio RICCIO

Ing. Ida FILICE

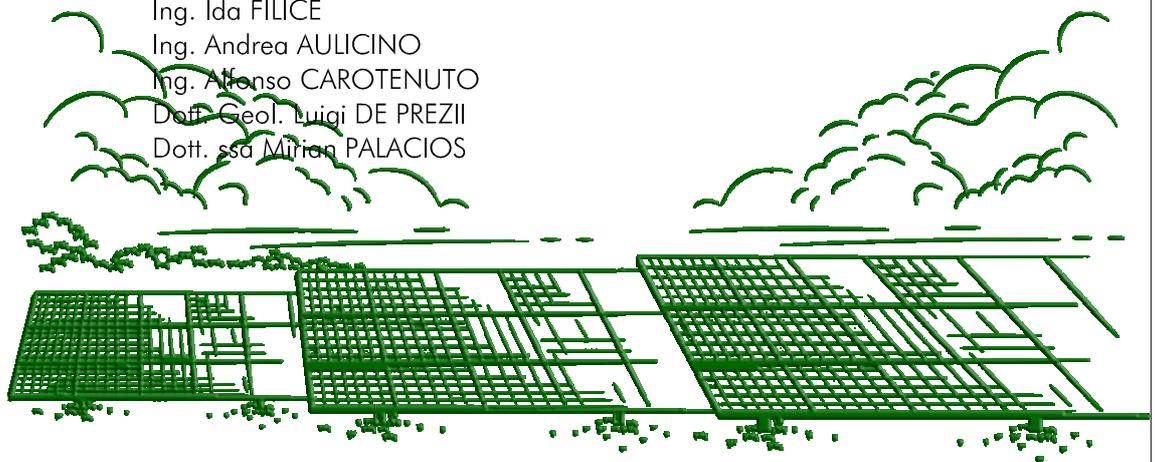
Ing. Andrea AULICINO

Ing. Alfonso CAROTENUTO

Dott. Geol. Luigi DE PREZII

Dott. ssa Miriam PALACIOS

SPECIALISTI:



REV.	DATA REVISIONE	DESCRIZIONE REVISIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO
0	28/09/2023	Prima Emissione			

RELAZIONE PRELIMINARE GEOTECNICA E DELLE FONDAZIONI

DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA

La presente relazione geotecnica riguarda le indagini, la caratterizzazione e modellazione geotecnica del "volume significativo" per l'opera in esame e valuta l'interazione opera/terreno ai fini del dimensionamento delle relative fondazioni.

Questa relazione è stata redatta sulla base dei dati risultanti da sole prove indirette effettuate su piano campagna e/o di laboratorio. Si specifica che la presente relazione è contestualizzata ad un semplice dimensionamento di massima, non avendo ancora a disposizione alcune informazioni necessarie per una progettazione esecutiva; in effetti i parametri geotecnici del terreno componenti la stratigrafia in sito non sono ancora stati esplicitati avendo a disposizione esclusivamente indagini di tipo indiretto adatte alla caratterizzazione della tipologia di suolo, ma non a restituire i parametri geotecnici necessari per una valutazione definitiva del carico limite. Nella presente relazione i dati utilizzati sono stati ipotizzati dal progettista strutturale in accordo alla tipologia di terreno ed alla letteratura in materia.

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:

.....
.....

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
- η_P coefficiente di sicurezza per carico limite verticale alla punta del palo
- η_L 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):

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

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 φ_{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 $\varphi > 0$ (condizione drenata) si ha:

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

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

$$s_q = 1 + 0.1 \cdot \text{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right)$$

$$s_c = 1 + 0.2 \cdot \text{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right)$$

(fattori di forma)

$$d_q = 1 + 0.1 \cdot \frac{L}{D} \cdot \sqrt{\text{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right)}$$

$$d_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{L}{D} \cdot \sqrt{\text{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right)}$$

(fattori d'approfondimento)

$$N_q^* = N_q \cdot s_q \cdot d_q$$

$$N_c^* = N_c \cdot s_c \cdot d_c$$

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

$$N_q = 1.00$$

$$N_c = \pi + 2$$

$$s_q = 1.00$$

$$s_c = 1.20$$

(fattori di forma)

$$d_q = 1.00$$

$$d_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{L}{D}$$

(fattori di profondità)

$$N_q^* = N_q \cdot s_q \cdot d_q$$

$$N_c^* = N_c \cdot s_c \cdot d_c$$

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

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

$$N_q = tg^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2} \right) \cdot e^{\pi \cdot tg(\varphi)}$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot ctg(\varphi)$$

$$s_q = 1 + tg(\varphi)$$

$$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c}$$

(fattori di forma)

$$d_q = 1 + 2 \cdot tg(\varphi) \cdot (1 - \sin(\varphi))^2 \cdot \Theta$$

$$d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

(fattori di profondità)

dove: se $\frac{L}{D} \leq 1 \Rightarrow \Theta = \frac{L}{D}$, se $\frac{L}{D} > 1 \Rightarrow \Theta = \arctg\left(\frac{L}{D}\right)$

$$N_q^* = N_q \cdot s_q \cdot d_q$$

$$N_c^* = N_c \cdot s_c \cdot d_c$$

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

$$N_q = 1.00$$

$$N_c = \pi + 2$$

$$s_q = 1.00$$

$$s_c = 1.20$$

(fattori di forma)

$$d_q = 1.00$$

$$d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

(fattori di profondità)

$$N_q^* = N_q \cdot s_q \cdot d_q$$

$$N_c^* = N_c \cdot s_c \cdot d_c$$

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

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

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

$$N_c^* = (N_q - 1) \cdot ctg(\varphi)$$

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 $\varphi > 0$ (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.

Λ/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

$$N_c^* = (N_q - 1) \cdot ctg(\varphi)$$

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

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

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

se $\varphi = 0$ (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
- ν coefficiente di Poisson del terreno alla profondità della punta del palo
- α 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 $\alpha \neq 1$) il coefficiente di riduzione " α " assume la seguente espressione:

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

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

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

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

$$\vartheta = 60 + 0.45 \cdot Dr \qquad \text{δοσε } \forall \Delta p \forall \lambda \text{ } \delta \epsilon \nu \sigma \iota \delta \text{ } \rho \epsilon \lambda \alpha \tau \iota \omega \alpha \text{ } \delta \epsilon \lambda \text{ } \tau \epsilon \rho \rho \epsilon \nu \omega .$$

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

$$N_q^* = 1.00 \qquad N_c^* = 5.74$$

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.

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

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

$$s_q = 1.00 \quad s_c = 1.30 \quad (\text{φαττορι δι φορμα})$$

$$N_q^* = RQD^2 \cdot N_q \cdot s_q \quad N_c^* = RQD^2 \cdot N_c \cdot s_c$$

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

$$N_q = \text{tg}^6\left(\frac{90^\circ + \varphi}{2}\right) \quad N_c = 5 \cdot \text{tg}^4\left(\frac{90^\circ + \varphi}{2}\right)$$

$$s_q = 1.00 \quad s_c = 1.30 \quad (\text{φαττορι δι φορμα})$$

$$N_q^* = RQD^2 \cdot N_q \cdot s_q \quad N_c^* = RQD^2 \cdot N_c \cdot s_c$$

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:

- χ_a adesione all'interfaccia terreno-palo alla generica profondità "z"
- σ_h tensione orizzontale alla generica profondità "z"
- δ angolo di resistenza a taglio all'interfaccia terreno-palo alla generica profondità "z"
- P_{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 " ψ " 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/cm², il coefficiente d'adesione " ψ " 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)

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

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

Whitaker-Cooke (consigliato per pali trivellati)

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

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

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

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

Woodward (consigliato per pali trivellati)

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

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

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

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

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

Viggiani e altri (consigliato per pali infissi)

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

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

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

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

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

Il valore della tensione orizzontale " σ_h " è correlato al valore della pressione verticale " σ_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. Esso 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:

$$K_s = K_0 = 1 - \text{sen}(\varphi) \quad (\text{per pali trivellati}) \quad K_s = 1 - \text{tg}^2(\varphi) \quad (\text{per pali infissi})$$

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

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

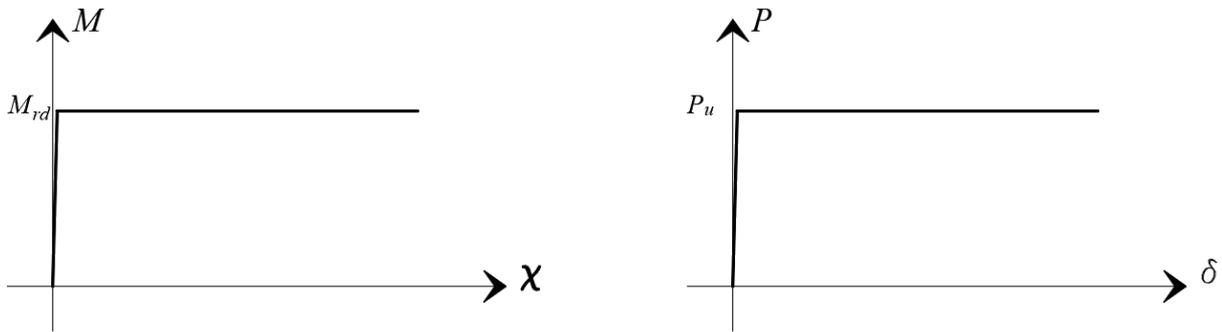
IPOTESI DI CALCOLO DEL CARICO LIMITE DI BROMS

La teoria più diffusa e utilizzata nel calcolo del carico limite dei pali è quella sviluppata da Broms che si fonda sulle seguenti ipotesi fondamentali:

- il carico limite orizzontale risulta influenzato solo dal diametro del palo stesso;
- terreno omogeneo;
- comportamento all'interfaccia palo-terreno schematizzabile come rigido-perfettamente plastico;
- comportamento flessionale del palo assunto di tipo rigido-perfettamente plastico;

Si può notare che per valutare il carico limite per effetto di un'azione orizzontale è necessario portare in conto

anche la resistenza strutturale del palo. Al contrario di quanto avviene nel caso del carico limite per azioni verticali, la flessione e il taglio, conseguenti ad una forza orizzontale, sono superiori e non trascurabili rispetto allo sforzo normale indotto da un'azione verticale.



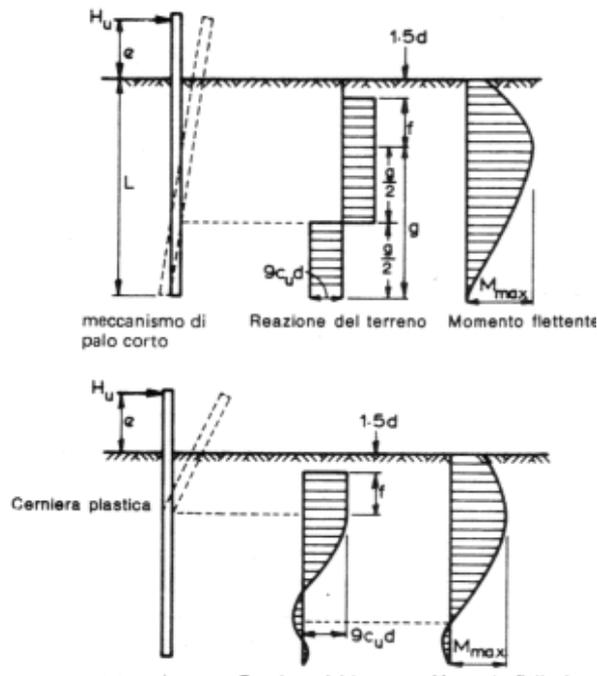
La trattazione di Broms si differenzia in base a due tipologie di palo:

- palo con rotazione libera in testa;
- palo a rotazione impedita in testa.

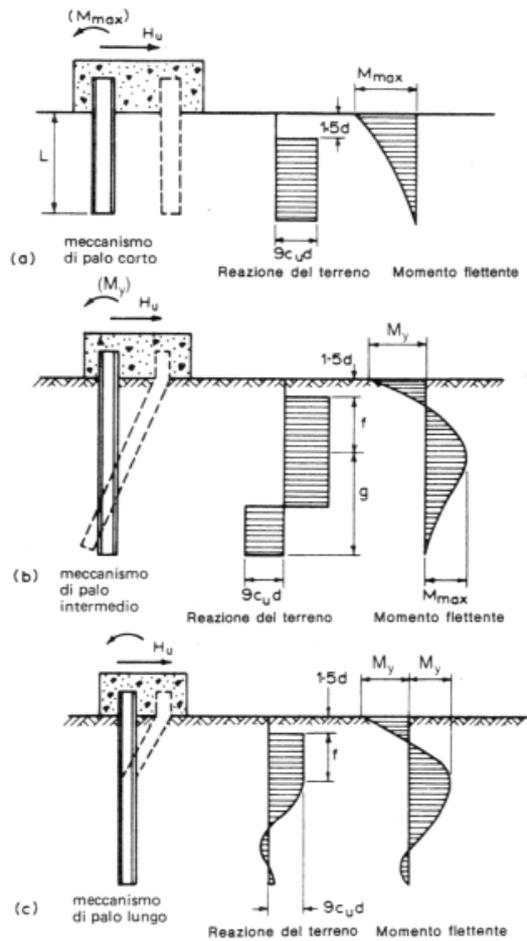
Per ognuna di queste tipologie va esaminato il caso di terreno coesivo e di terreno incoerente.

Pali in terreni a grana fine (terreni coesivi)

La resistenza limite del terreno puramente coesivo cresce da un valore di $2C_u$ a piano campagna (C_u coesione non drenata) fino ad un valore di $8-12 C_u$ per una profondità di circa 3 volte il diametro del palo per poi procedere in modo costante lungo il fusto del palo. Una versione approssimata proposta è quella di un valore costante (pari a $9C_u$) annullando la resistenza in una porzione pari a $1.5d$ partendo dal piano campagna.



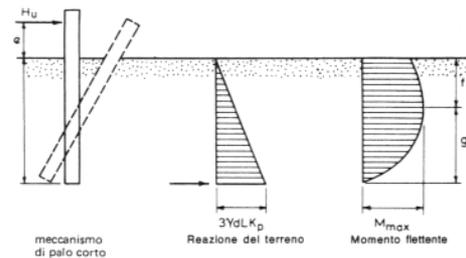
Pali con rotazione libera in testa



Pali con rotazione vincolata in testa

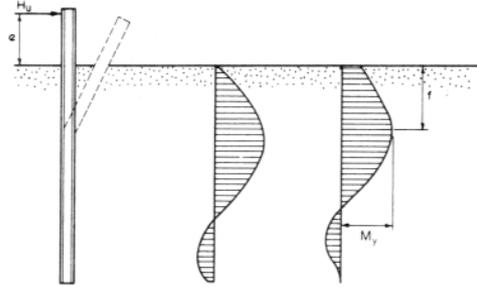
Pali in terreni a grana grossa (terreni incoerenti)

L'ipotesi per tali terreni è quella di avere una pressione passiva lungo la parte anteriore del pari a 3 volte la pressione di Rankine, derivante da considerazioni empiriche basate su confronti eseguiti da Broms tra carichi limite osservati e previsti.

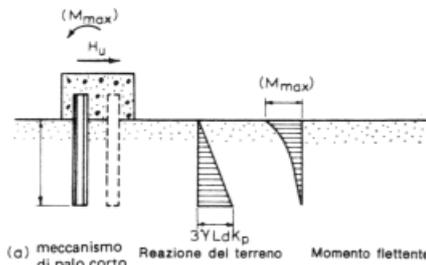


meccanismo di palo corto

(a)

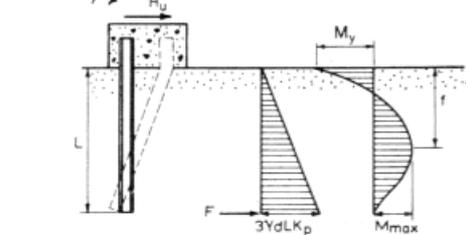


Pali con rotazione libera in testa

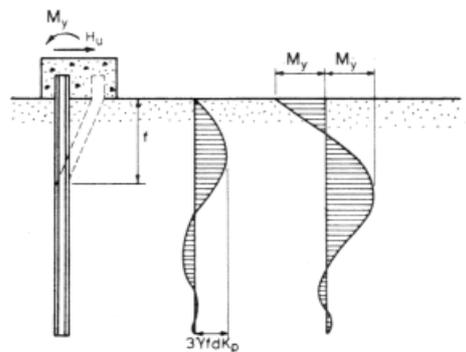


(a) meccanismo di palo corto

M_y



meccanismo di palo intermedio (b)



Procedure numeriche - Carico Limite Orizzontale per terreni stratificati -

La teoria di Broms è formulata per terreni omogenei, di tipo coerente o incoerente; in caso di terreni stratificati, la teoria di Broms viene generalizzata formulando le seguenti ipotesi aggiuntive, rispetto al caso del terreno monostrato:

-terreno coerente: la resistenza laterale viene considerata con distribuzione costante, secondo l'ipotesi di Broms, a partire da una profondità pari ad $1,5 \cdot D$, ritenendo nulla la reazione per strati di altezza inferiore a $1,5 \cdot D$. Tale resistenza è indipendente dalla pressione litostatica e funzione solo dalla coesione non drenata;

-terreno incoerente: la resistenza laterale varia con legge lineare lungo l'altezza, secondo l'ipotesi di Broms. La resistenza è dipendente dalla tensione passiva, per cui nel calcolo delle resistenze si tiene conto del peso degli eventuali strati sovrastanti.

Nel caso di terreno eterogeneo, la soluzione può ancora essere ottenuta applicando la teoria di Broms, scrivendo, come al solito, le equazioni di equilibrio alla rotazione e alla traslazione.

Palo Corto

Esaminando il diagramma dei momenti lungo il palo, si ipotizza che il palo non subisca plasticizzazioni. Sotto l'azione della forza H il palo subisce una traslazione (o rotazione) rigida. Indicando con M_y il momento resistente del palo, se risulta $M_{\max} < M_y$ l'ipotesi di palo corto è soddisfatta, altrimenti il meccanismo non viene considerato attendibile.

Palo Intemedio (solo pali vincolati in testa)

Esaminando il diagramma dei momenti, si ipotizza che il palo subisca una plasticizzazione. Per i pali vincolati in testa si ha la plasticizzazione all'attacco con la fondazione superficiale. Sotto l'azione della forza H il palo subisce una traslo-rotazione rigida. Determinato il meccanismo e la distribuzione di resistenza, si determina il diagramma del momento lungo il fusto del palo. Indicando con M_y il momento resistente del palo, se risulta $M_{\max} < M_y$ l'ipotesi di palo intermedio è soddisfatta, altrimenti il meccanismo non viene considerato attendibile.

Palo Lungo

Esaminando il diagramma dei momenti, si ipotizza che il palo subisca una plasticizzazione all'attacco con la fondazione superficiale e lungo il fusto per i pali vincolati in testa, mentre per i pali liberi in testa la plasticizzazione avviene in una determinata posizione lungo il fusto del palo. Sotto l'azione della forza H il palo subisce una traslazione e/o una rotazione rigida. Imponendo l'equilibrio alla si determina la profondità f della seconda cerniera plastica.

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

- C. Lim. Base carico limite verticale alla punta del palo (valore su singolo palo corretto dal relativo coefficiente d'efficienza)
- C. Lim. fusto carico limite verticale lungo la superficie laterale del fusto del palo (valore su singolo palo corretto dal relativo coefficiente d'efficienza)
- C. Lim. 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 tagliente 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 tagliente 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): 1.00

- Coeff. M1 per c_u (statico): 1.00

- Coeff. M1 per Tan ϕ (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

ARCHIVIO STRATIGRAFIE

Indice / Descrizione: 001 / Nuova stratigrafia n. 1
 Numero strati: 2
 Profondità falda: assente

Strato n.	Quota di riferimento	Spessore	Indice / Descrizione terreno	Attrito Neg.
1	da 0.0 a -1500.0 cm	1500.0 cm	001 / Argilla molle	Assente
2	da -1500.0 a -3000.0 cm	1500.0 cm	002 / Argilla dura	Assente

ARCHIVIO TERRENI

Indice / Descrizione terreno: **001 / Argilla molle**

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 ²	%	%					
1.800 E-3	1.900 E-3	0.250	100.000	100.000	60.0	0.500	0.75

Indice / Descrizione terreno: **002 / Argilla dura**

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 ²	%	%					
2.000 E-3	2.100 E-3	1.500	200.000	200.000	60.0	0.500	0.45

DATI GEOMETRICI DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI LE FONDAZIONI PROFONDE

Elemento: 2 - Palo singolo - Tipologia pali: trivellati

X elem.	Y elem.	Prof.	Base	Lungh.	Altez.	Rot.	Grup.ap.	Ind.strat.					Svin.testa	Vin.piede
cm	cm	cm	cm	cm	cm	Gradi°	n.	n.					codice	codice
2656.0	264.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	2	001					0	0; 0; 1
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.				
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm							
25.0	250.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	1.00	1.00				
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.					Svin.testa	Vin.piede
cm	cm	cm	cm	cm	cm	Gradi°	n.	n.					codice	codice
186.0	264.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	3	001					0	0; 0; 1
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.				
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm							
25.0	250.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	1.00	1.00				
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.					Svin.testa	Vin.piede
cm	cm	cm	cm	cm	cm	Gradi°	n.	n.					codice	codice
186.0	24.7	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.				
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm							

25.0 250.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 1.00 1.00 1.00 0 0; 0; 1

Palo
n. cm Ord. Y'
1 0.0 0.0

Elemento: 9 - 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.
680.0 24.7 0.0 0.0 0.0 0.0 0.00 9 001

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** **Vin.piede**
cm cm cm cm cm cm cm cm 1.00 1.00 1.00 codice codice
25.0 250.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 1.00 1.00 1.00 0 0; 0; 1

Palo
n. cm Ord. Y'
1 0.0 0.0

Elemento: 21 - 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.
680.0 264.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.00 21 001

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** **Vin.piede**
cm cm cm cm cm cm cm cm 1.00 1.00 1.00 codice codice
25.0 250.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 1.00 1.00 1.00 0 0; 0; 1

Palo
n. cm Ord. Y'
1 0.0 0.0

Elemento: 23 - 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.
1174.0 24.7 0.0 0.0 0.0 0.0 0.00 23 001

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** **Vin.piede**
cm cm cm cm cm cm cm cm 1.00 1.00 1.00 codice codice
25.0 250.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 1.00 1.00 1.00 0 0; 0; 1

Palo
n. cm Ord. Y'
1 0.0 0.0

Elemento: 27 - 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.
1174.0 264.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.00 27 001

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** **Vin.piede**
cm cm cm cm cm cm cm cm 1.00 1.00 1.00 codice codice
25.0 250.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 1.00 1.00 1.00 0 0; 0; 1

Palo
n. cm Ord. Y'
1 0.0 0.0

Elemento: 29 - 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.
1668.0 24.7 0.0 0.0 0.0 0.0 0.00 29 001

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** **Vin.piede**
cm cm cm cm cm cm cm cm 1.00 1.00 1.00 codice codice
25.0 250.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 1.00 1.00 1.00 0 0; 0; 1

Palo
n. cm Ord. Y'
1 0.0 0.0

Elemento: 33 - 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.
1668.0 264.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.00 33 001

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** **Vin.piede**
cm cm cm cm cm cm cm cm 1.00 1.00 1.00 codice codice
25.0 250.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 1.00 1.00 1.00 0 0; 0; 1

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
029	SLU STR	No	-1458.1	0.0	18.8	292.1	0.4

Elemento: 3 - Palo singolo

$N_q = 1.000$, $\sigma_{punta} = 0.450$, $\phi = 0.0$, $N_c = 10.428$, $c_{punta} = 0.250$

Port. lat. = 3681.6 daN, Port. punta = 1500.6 daN, P.P.Palo = 957.2 daN

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	N	N lim	Ver.N	Stato
n.		n.	cm	cm	daN	daN		
029	SLU STR	1	0.000	0.000	-1439.6	-1579.8	0.911	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
029	SLU STR	No	-1439.6	0.0	19.6	267.0	5.4

Elemento: 5 - Palo singolo

$N_q = 1.000$, $\sigma_{punta} = 0.450$, $\phi = 0.0$, $N_c = 10.428$, $c_{punta} = 0.250$

Port. lat. = 3681.6 daN, Port. punta = 1500.6 daN, P.P.Palo = 957.2 daN

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	N	N lim	Ver.N	Stato
n.		n.	cm	cm	daN	daN		
019	SLU STR	1	0.000	0.000	-1483.4	-1579.8	0.939	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
019	SLU STR	No	-1483.4	0.0	-19.2	1706.8	-5.1

Elemento: 9 - Palo singolo

$N_q = 1.000$, $\sigma_{punta} = 0.450$, $\phi = 0.0$, $N_c = 10.428$, $c_{punta} = 0.250$

Port. lat. = 3681.6 daN, Port. punta = 1500.6 daN, P.P.Palo = 957.2 daN

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	N	N lim	Ver.N	Stato
n.		n.	cm	cm	daN	daN		
019	SLU STR	1	0.000	0.000	-1502.6	-1579.8	0.951	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
019	SLU STR	No	-1502.6	0.0	-18.7	1656.3	0.6

Elemento: 21 - Palo singolo

$N_q = 1.000$, $\sigma_{punta} = 0.450$, $\phi = 0.0$, $N_c = 10.428$, $c_{punta} = 0.250$

Port. lat. = 3681.6 daN, Port. punta = 1500.6 daN, P.P.Palo = 957.2 daN

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	N	N lim	Ver.N	Stato
n.		n.	cm	cm	daN	daN		
029	SLU STR	1	0.000	0.000	-1458.1	-1579.8	0.923	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
029	SLU STR	No	-1458.1	0.0	18.8	292.1	-0.4

Elemento: 23 - Palo singolo

$N_q = 1.000$, $\sigma_{punta} = 0.450$, $\phi = 0.0$, $N_c = 10.428$, $c_{punta} = 0.250$

Port. lat. = 3681.6 daN, Port. punta = 1500.6 daN, P.P.Palo = 957.2 daN

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	N	N lim	Ver.N	Stato
n.		n.	cm	cm	daN	daN		
019	SLU STR	1	0.000	0.000	-1499.7	-1579.8	0.949	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
019	SLU STR	No	-1499.7	0.0	-18.7	1658.6	-0.2

Elemento: 27 - Palo singolo

$N_q = 1.000$, $\sigma_{punta} = 0.450$, $\phi = 0.0$, $N_c = 10.428$, $c_{punta} = 0.250$

019 SLU STR No -1502.6 0.0 -18.7 1656.3 -0.6

Elemento: 44 - Palo singolo

$N_q = 1.000$, $\sigma_{punta} = 0.450$, $\phi = 0.0$, $N_c = 10.428$, $c_{punta} = 0.250$

Port. lat. = 3681.6 daN, Port. punta = 1500.6 daN, P.P.Palo = 957.2 daN

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	N	N lim	Ver.N	Stato
n.		n.	cm	cm	daN	daN		
029	SLU STR	1	0.000	0.000	-1439.6	-1579.8	0.911	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
029	SLU STR	No	-1439.6	0.0	19.6	267.0	-5.4

Elemento: 46 - Palo singolo

$N_q = 1.000$, $\sigma_{punta} = 0.450$, $\phi = 0.0$, $N_c = 10.428$, $c_{punta} = 0.250$

Port. lat. = 3681.6 daN, Port. punta = 1500.6 daN, P.P.Palo = 957.2 daN

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	N	N lim	Ver.N	Stato
n.		n.	cm	cm	daN	daN		
019	SLU STR	1	0.000	0.000	-1483.4	-1579.8	0.939	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
019	SLU STR	No	-1483.4	0.0	-19.2	1706.8	5.1

VALORI DI CALCOLO DEI CEDIMENTI PER FONDAZIONI PROFONDE

Elemento: 2 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	cm	cm	daN	cm
037 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-314.9	0.000

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
037	SLE rare	No	-314.9	0.0	12.1	-504.9	0.3

Elemento: 3 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	cm	cm	daN	cm
037 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-300.7	0.000

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
037	SLE rare	No	-300.7	0.0	12.7	-524.2	4.2

Elemento: 5 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	cm	cm	daN	cm
037 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-1011.0	0.000

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
037	SLE rare	No	-1011.0	0.0	-12.6	1113.6	-3.9

Elemento: 9 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	cm	cm	daN	cm
037 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-1025.8	0.000

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
037	SLE rare	No	-1025.8	0.0	-12.2	1074.8	0.5

Elemento: 21 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
-------------	------	---------	---------	---	----------

n.	n.	cm	cm	daN	cm		
037 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-314.9	0.000		
Sollecitazioni:							
Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
037	SLE rare	No	-314.9	0.0	12.1	-504.9	-0.3

Elemento: 23 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert		
n.	n.	cm	cm	daN	cm		
037 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-1023.5	0.000		
Sollecitazioni:							
Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
037	SLE rare	No	-1023.5	0.0	-12.2	1076.5	-0.1

Elemento: 27 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert		
n.	n.	cm	cm	daN	cm		
037 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-312.9	0.000		
Sollecitazioni:							
Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
037	SLE rare	No	-312.9	0.0	12.2	-514.3	0.1

Elemento: 29 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert		
n.	n.	cm	cm	daN	cm		
037 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-1024.2	0.000		
Sollecitazioni:							
Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
037	SLE rare	No	-1024.2	0.0	-12.2	1075.8	0.0

Elemento: 33 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert		
n.	n.	cm	cm	daN	cm		
037 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-313.5	0.000		
Sollecitazioni:							
Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
037	SLE rare	No	-313.5	0.0	12.2	-511.9	0.0

Elemento: 35 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert		
n.	n.	cm	cm	daN	cm		
037 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-1023.5	0.000		
Sollecitazioni:							
Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
037	SLE rare	No	-1023.5	0.0	-12.2	1076.5	0.1

Elemento: 39 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert		
n.	n.	cm	cm	daN	cm		
037 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-312.9	0.000		
Sollecitazioni:							
Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
037	SLE rare	No	-312.9	0.0	12.2	-514.3	-0.1

Elemento: 41 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert		
n.	n.	cm	cm	daN	cm		
037 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-1025.8	0.000		
Sollecitazioni:							
Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm

037 SLE rare No -1025.8 0.0 -12.2 1074.8 -0.5

Elemento: 44 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	cm	cm	daN	cm
037 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-300.7	0.000

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
037	SLE rare	No	-300.7	0.0	12.7	-524.2	-4.2

Elemento: 46 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	cm	cm	daN	cm
037 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-1011.0	0.000

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
037	SLE rare	No	-1011.0	0.0	-12.6	1113.6	3.9

VALORI DI CALCOLO DELLA PORTANZA ORIZZONTALE PER FONDAZIONI PROFONDE

Elemento: 2 - Palo singolo

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	Ved	Mecc.	Mu	V lim	Ver.V	Stato
n.		n.	cm	cm	daN	-	daN cm	daN		
001	SLV A1 sism.	1	0.000	0.000	161.6	P. Lungo	403155.6	712.8	0.227	Ver. OK

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
001	SLV A1	Si	5.4	161.6	-3.0	307.0	33030.0

Elemento: 3 - Palo singolo

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	Ved	Mecc.	Mu	V lim	Ver.V	Stato
n.		n.	cm	cm	daN	-	daN cm	daN		
001	SLV A1 sism.	1	0.000	0.000	165.2	P. Lungo	403057.1	719.2	0.230	Ver. OK

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
001	SLV A1	Si	36.5	162.9	-27.5	2746.6	33250.0

Elemento: 5 - Palo singolo

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	Ved	Mecc.	Mu	V lim	Ver.V	Stato
n.		n.	cm	cm	daN	-	daN cm	daN		
001	SLV A1 sism.	1	0.000	0.000	134.1	P. Lungo	403201.2	514.5	0.261	Ver. OK

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
001	SLV A1	Si	-9.0	133.7	-11.2	1705.5	41150.0

Elemento: 9 - Palo singolo

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	Ved	Mecc.	Mu	V lim	Ver.V	Stato
n.		n.	cm	cm	daN	-	daN cm	daN		
001	SLV A1 sism.	1	0.000	0.000	136.2	P. Lungo	403178.4	513.1	0.265	Ver. OK

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
001	SLV A1	Si	-1.8	136.2	1.3	-198.1	41940.0

Elemento: 21 - Palo singolo

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	Ved	Mecc.	Mu	V lim	Ver.V	Stato
n.		n.	cm	cm	daN	-	daN cm	daN		
001	SLV A1 sism.	1	0.000	0.000	161.6	P. Lungo	403189.8	712.9	0.227	Ver. OK

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
001	SLV A1	Si	-5.4	161.6	3.0	-307.0	33030.0

Elemento: 23 - Palo singolo

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	Ved	Mecc.	Mu	V lim	Ver.V	Stato
n.		n.	cm	cm	daN	-	daN cm	daN		
001	SLV A1 sism.	1	0.000	0.000	135.9	P. Lungo	403169.0	513.1	0.265	Ver. OK

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
001	SLV A1	Si	1.2	135.9	0.0	-5.8	41860.0

Elemento: 27 - Palo singolo

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	Ved	Mecc.	Mu	V lim	Ver.V	Stato
n.		n.	cm	cm	daN	-	daN cm	daN		
001	SLV A1 sism.	1	0.000	0.000	161.2	P. Lungo	403171.8	712.7	0.226	Ver. OK

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
001	SLV A1	Si	0.3	161.2	0.2	-14.0	32950.0

Elemento: 29 - Palo singolo

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	Ved	Mecc.	Mu	V lim	Ver.V	Stato
n.		n.	cm	cm	daN	-	daN cm	daN		
001	SLV A1 sism.	1	0.000	0.000	136.0	P. Lungo	403172.7	513.1	0.265	Ver. OK

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
001	SLV A1	Si	0.0	136.0	0.0	0.0	41870.0

Elemento: 33 - Palo singolo

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	Ved	Mecc.	Mu	V lim	Ver.V	Stato
n.		n.	cm	cm	daN	-	daN cm	daN		
001	SLV A1 sism.	1	0.000	0.000	161.3	P. Lungo	403172.7	712.8	0.226	Ver. OK

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
001	SLV A1	Si	0.0	161.3	0.0	0.0	32980.0

Elemento: 35 - Palo singolo

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	Ved	Mecc.	Mu	V lim	Ver.V	Stato
n.		n.	cm	cm	daN	-	daN cm	daN		
001	SLV A1 sism.	1	0.000	0.000	135.9	P. Lungo	403176.4	513.1	0.265	Ver. OK

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
001	SLV A1	Si	-1.2	135.9	0.0	5.8	41860.0

Elemento: 39 - Palo singolo

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	Ved	Mecc.	Mu	V lim	Ver.V	Stato
n.		n.	cm	cm	daN	-	daN cm	daN		
001	SLV A1 sism.	1	0.000	0.000	161.2	P. Lungo	403173.6	712.7	0.226	Ver. OK

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
001	SLV A1	Si	-0.3	161.2	-0.2	14.0	32950.0

Elemento: 41 - Palo singolo

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	Ved	Mecc.	Mu	V lim	Ver.V	Stato
n.		n.	cm	cm	daN	-	daN cm	daN		
001	SLV A1 sism.	1	0.000	0.000	136.2	P. Lungo	403167.0	513.1	0.265	Ver. OK

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
001	SLV A1	Si	1.8	136.2	-1.3	198.1	41940.0

Elemento: 44 - Palo singolo

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	Ved	Mecc.	Mu	V lim	Ver.V	Stato
n.		n.	cm	cm	daN	-	daN cm	daN		
001	SLV A1 sism.	1	0.000	0.000	165.2	P. Lungo	403288.3	719.6	0.230	Ver. OK

Sollecitazioni:

Cmb n.	Tipo	Sism.	N daN	Tx daN	Ty daN	Mx daN cm	My daN cm
001	SLV A1	Si	-36.5	162.9	27.5	-2746.6	33250.0

Elemento: 46 - Palo singolo

Cmb n.	Tipo	Palo n.	coord.X cm	coord.Y cm	Ved daN	Mecc.	Mu daN cm	V lim daN	Ver.V	Stato	
001	SLV A1	sism.	1	0.000	0.000	134.1	P. Lungo	403144.3	514.4	0.261	Ver. OK

Sollecitazioni:

Cmb n.	Tipo	Sism.	N daN	Tx daN	Ty daN	Mx daN cm	My daN cm
001	SLV A1	Si	9.0	133.7	11.2	-1705.5	41150.0