

Comune di: ROTELLO

Provincia di: CAMPOBASSO

Regione: MOLISE



PROponente

PODINI S.P.A

Via Lattuada, 30 – 20135 MILANO (MI)

xi-3, I4, t4; C.F. e P.IVA IT02246400218

Opera

PROGETTO DEFINITIVO

IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE RINNOVABILE AGRIVOLTAICA DI POTENZA NOMINALE PARI A 43.298,50 kWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE RTN

“SOLARE ROTELLO-PIANO DELLA FONTANA”

OGGETTO

TITOLO ELABORATO:

RELAZIONE GEOTECNICA

DATA:

08/02/2024

N°/CODICE ELABORATO:

Tipologia: REL (RELAZIONI)

REL 007

I TECNICI

PROGETTISTI:

EDILSAP s.r.l.
Via di Selva Candida, 452 - 00166 ROMA
Ing. Fernando Sonnino Project Manager



Prof. Geol. Alfonso Russi
Via Friuli, 5 - 06034 FOLIGNO



PROFESSIONISTI:

Ing. Dott. Raneri Simone
Via Pian dei Molini, n°2
06031 BEVAGNA



00

202202141

Emissione per Progetto Definitivo

Ing. Simone Raneri

Prof. Geol. Alfonso Russi

Ing. Fernando Sonnino

N° REVISIONE

Cod. STMG

OGGETTO DELLA REVISIONE

ELABORAZIONE

VERIFICA

APPROVAZIONE

Proprietà e diritto del presente documento sono riservati - la riproduzione è vietata

Sommario

1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO PER LA GEOTECNICA	3
2	PREMESSA	4
2.1	Descrizione delle opere in sito e individuazione.....	4
3	PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE	5
3.1	Risposta sismica locale	6
3.2	Parametri di analisi ROTELLO NORD	6
3.3	SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI ORIZZONTALI – MAWS ROTELLO NORD	7
3.4	Parametri di analisi Parametri di analisi ROTELLO SUD	12
3.5	Parametri geotecnici.....	16
3.6	Principali considerazioni sulla sicurezza.....	16
3.6.1	Vita nominale	17
3.6.2	Classe d'uso	17
3.6.3	Periodo di riferimento dell'azione sismica	17
4	PROBLEMI GEOTECNICI E SCELTE TIPOLOGICHE.....	20
5	FONDAZIONI PROFONDE	20
5.1	Tipologia palo infisso IPE 160	22
5.1.1	Verifica di capacità portante per la famiglia SLU.....	22
5.2	Platea di fondazione.....	23
5.2.1	Verifica di capacità portante e scorrimento per la famiglia SLU.....	23
5.3	Tipologia palo infisso recinzione, porta inverter , circuiti di sicurezza;.....	23
6	PROGRAMMA DELLE INDAGINI E DELLE PROVE GEOTECNICHE.....	24
6.1.1	Prove dinamiche penetrometriche:.....	26
	31	
7	MODELLAZIONE DEL SOTTOSUOLO E METODI DI ANALISI E DI VERIFICA.....	32
7.1	Generalità.....	32
7.2	Modello di fondazione.....	32
7.2.1	Verifica di scorrimento	32
7.2.2	Verifica di capacità portante.....	33
7.2.3	Berenzantzev.....	33
7.2.4	Verifica di capacità portante orizzontale - Broms	34
7.3	Verifica di capacità portante pali.....	35
7.3.1	Vesic.....	35
8	RISULTATI STUDIO FONDAZIONI.....	38
8.1	FONDAZIONI PROFONDE	38
8.1.1	Capacità portante verticale ROTELLO Nord	38
8.1.2	EC7	38
8.1.3	Correlazioni con i risultati di prove in sito	39

8.1.4	Verifica di capacità portante orizzontale ROTELLO Nord.....	39
8.1.5	PD_DL30_1	39
8.1.6	Verifica di capacità portante verticale ROTELLO Sud	40
8.1.7	PD_DL30_2	40
8.1.8	EC7	40
8.1.9	Correlazioni con i risultati di prove in sito	41
8.1.10	Verifica di capacità portante orizzontale ROTELLO Sud	41
8.1.11	PD_DL30_2	41
8.2	Verifica di capacità portante verticale ROTELLO Sud.....	42
8.2.1	PD_DL30_3	42
8.2.2	EC7	43
8.2.3	Correlazioni con i risultati di prove in sito	43
8.3	Verifica di capacità portante orizzontale ROTELLO Sud.....	43
8.3.1	PD_DL30_3	43
9	10 FONDAZIONI SUPERFICIALI	45
9.1	Premessa.....	45
9.2	Tipologia di fondazione.....	45
9.2.1	Stratigrafie	47
9.2.2	Terreni	48
9.3	Verifiche strutturali delle fondazioni	48
9.4	Verifiche geotecniche	49
9.4.1	Platea a "Piano campagna"	49
9.5	Pressioni terreno in SLU.....	50
9.6	Pressioni terreno in SLV/SLVf/SLUEcc	52
9.7	Pressioni terreno in SLE/SLD	53
10	CEDIMENTI FONDAZIONI SUPERFICIALI.....	54
11	OSSERVAZIONI E PRESCRIZIONI TECNICHE	56
12	ALLEGATI	57
13	CONCLUSIONI	57

1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO PER LA GEOTECNICA

NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI NTC 2018

Norme tecniche per le costruzioni D.M. 17 gennaio 2018.

CONSIGLIO SUPERIORE DEI LAVORI PUBBLICI

Istruzioni per l'applicazione dell'"Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"' di cui al D.M. 17 gennaio 2018. Circolare 21 gennaio 2019, n.7.

NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI NTC 2008

Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14 gennaio 2008.

CONSIGLIO SUPERIORE DEI LAVORI PUBBLICI

Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009.

CONSIGLIO SUPERIORE DEI LAVORI PUBBLICI

Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007

NORMA TECNICA UNI EN 1997-1:2005 (EUROCODICE 7 - PROGETTAZIONE GEOTECNICA)

Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali.

NORMA TECNICA UNI EN 1998:2005 (EUROCODICE 8 - PROGETTAZIONE SISMICA)

Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

D.M. 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 (norma possibile se si opera in Zona sismica 4, attuali Classi I e II).

2 PREMESSA

Lo scrivente, dott. Ing. Simone RANERI, con studio professionale in Bevagna in via Pian dei molini n°2 , iscritto all’Ordine degli Ingegneri DI PERUGIA al numero A3134, in relazione al progetto di un impianto agrivoltaico da realizzarsi nel comune di ROTELLO (FG), ha ricevuto l’incarico di eseguire le preliminari verifiche geotecniche; in corrispondenza del sito ove saranno realizzate le opere di progetto.

Il sito di realizzazione risulta essere suddivisibile in due macro aree individuabile alle coordinate topografiche INDICATE ricadente nella stessa cella sismica :

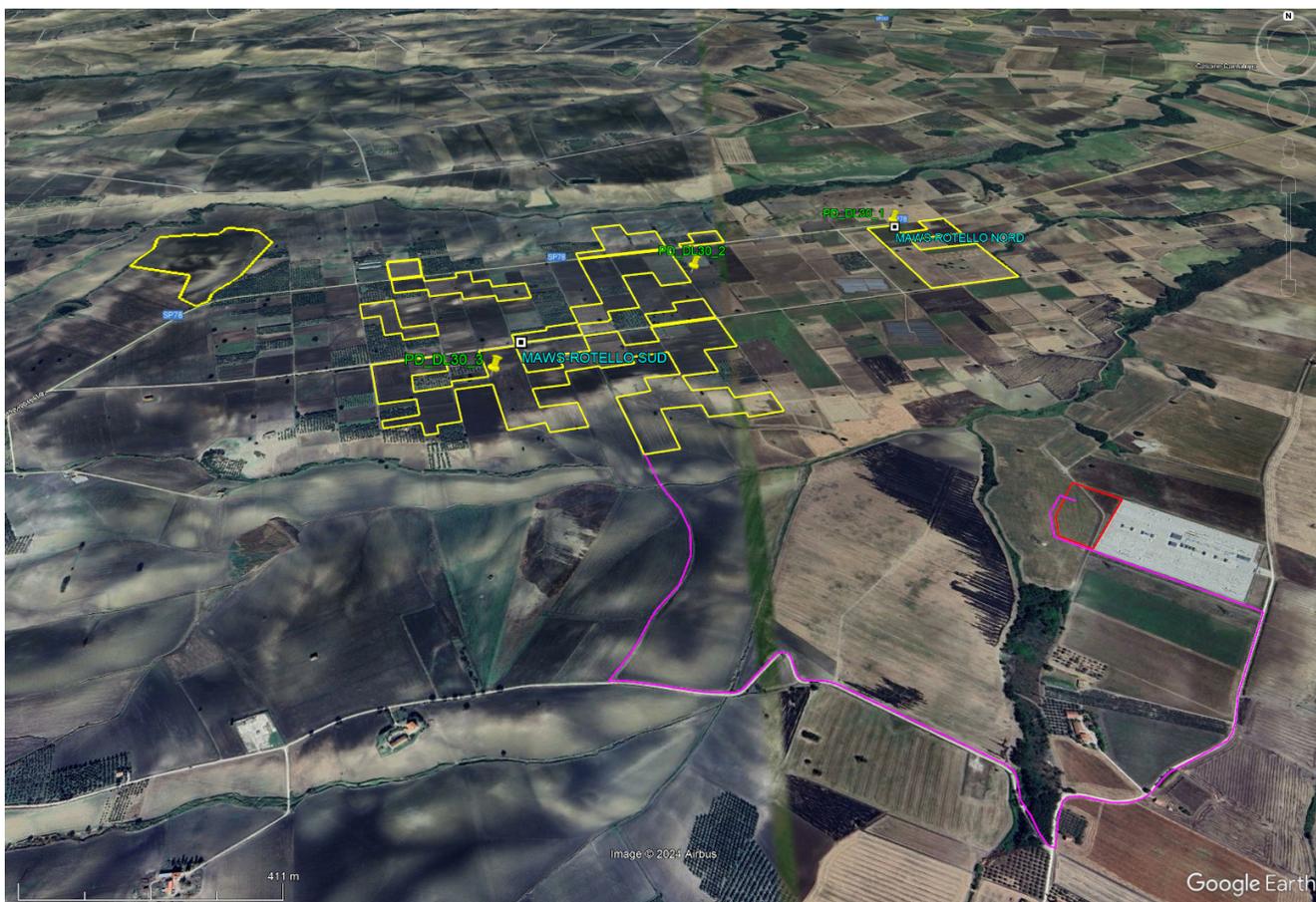


Figura 1 - Individuazione siti – ROTELLO NORD– Prove PD_DL30_1 - Prove PD_DL30_2 - ROTELLO SUD PD_DL30_3

2.1 Descrizione delle opere in sito e individuazione

Tra le tipologie di lavorazioni da eseguire per la realizzazione di infrastrutture a supporto della realizzazione degli impianti fotovoltaici, vi sono le “opere” di fondazione superficiali e profonde. Le TIPICHE strutture degli impianti fotovoltaici, sono costituite da strutture per il supporto dei pannelli fotovoltaici e dai sistemi secondari di campo e relativi alla sicurezza (porta inverter, pali per la video-sorveglianza, recinzioni) realizzati a *pali infissi* a sezione aperta o a sezione chiusa e le fondazioni superficiali per le control-room e sotto-stazioni realizzate con *platee di fondazione*. A discrezione, per le sottostazioni potrebbero essere indicate anche travi rovesce o plinti di fondazione, connessi da travi di collegamento (prescrizione zona sismica).

Le strutture in indicate sono state analizzate secondo la norma D.M. 17-01-18 (N.T.C.), considerandola come tipo di costruzione 2 - Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari. In particolare si è prevista, in accordo con il committente, una vita nominale dell’opera di $V_n=50$ anni per una classe d’uso I, e quindi una vita di riferimento di 35 anni (NTC18 e NTC08 §2.4.3).

L'opera è edificata in località CAMPOBASSO, ROTELLO,

1. L'opera è edificata in località Campobasso, Rotello; Latitudine ED50 41,774° (41° 46' 26"); Longitudine ED50 15,0676° (15° 4' 3"); Altitudine s.l.m. 170,94 m. (coordinate esatte: 41,773995 15,067586).
2. L'opera è edificata in località Campobasso, Rotello; Latitudine ED50 41,7655° (41° 45' 56"); Longitudine ED50 15,0523° (15° 3' 8"); Altitudine s.l.m. 170,94 m. (coordinate esatte: 41,765503 15,052341).

3 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

La pericolosità sismica di base del sito di costruzione è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa al suolo in condizioni ideali su sito di riferimento rigido e superficie topografica orizzontale. Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle NTC, dalle accelerazioni **ag** e dalle relative forme spettrali. I tre parametri fondamentali (accelerazione **ag**, fattore di amplificazione **Fo** e periodo **T*C**) si ricavano per ciascun nodo del reticolo di riferimento in funzione del periodo di ritorno dell'azione sismica TR previsto, espresso in anni; quest'ultimo è noto una volta fissate la vita di riferimento Vr della costruzione e la probabilità di superamento attesa nell'arco della vita di riferimento. Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVr cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati sono riportate nella tabella 3.2.I del §3.2.1 della norma; i valori di PVr forniti in tabella possono essere ridotti in funzione del grado di protezione che si vuole raggiungere.

Nella presente progettazione si sono considerati i seguenti parametri sismici per la ROTELLO NORD con sondaggi P1 - P2 (PD_DL30_1 , PD_DL30_2)

PVr SLD (%)	63,0	
Tr SLD	35,2	
Ag/g SLD	0,0622	
Fo SLD	2,458	
Tc* SLD	0,286	[s]
PVr SLV (%)	10,0	
Tr SLV	332,19	
Ag/g SLV	0,1772	
Fo SLV	2,479	
Tc* SLV	0,332	[s]

ROTELLO SUD con sondaggi P3 PD_DL30_3:

PVr SLD (%)	63,0	
Tr SLD	35,2	
Ag/g SLD	0,0621	
Fo SLD	2,456	
Tc* SLD	0,287	[s]
PVr SLV (%)	10,0	
Tr SLV	332,19	
Ag/g SLV	0,1771	

Fo SLV	2,48	
Tc* SLV	0,33	[s]

3.1 Risposta sismica locale

Le condizioni stratigrafiche del volume di terreno interessato dall'opera e le condizioni topografiche concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido con superficie orizzontale. Tali modifiche, in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, sono il risultato della risposta sismica locale.

Gli effetti stratigrafici sono legati alla successione stratigrafica, alle proprietà meccaniche dei terreni, alla geometria del contatto tra il substrato rigido e i terreni sovrastanti ed alla geometria dei contatti tra gli strati di terreno. Gli effetti topografici sono invece legati alla configurazione topografica del piano campagna ed alla possibile focalizzazione delle onde sismiche in punti particolari (pendii, creste).

Nella presente progettazione l'effetto della risposta sismica locale è stato valutato individuando la categoria di sottosuolo di riferimento corrispondente alla situazione in sito e considerando le condizioni topografiche locali (NTC18 e NTC08 §3.2.2). Per la valutazione del coefficiente di amplificazione stratigrafica SS la caratterizzazione geotecnica condotta nel volume significativo consente di identificare il sottosuolo prevalente nella categoria C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti. Si riporta per completezza la corrispondente descrizione indicata nella norma (NTC18 e NTC08 Tab. 3.2.II).

Categoria topografica T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

In base alle categorie scelte si sono infine adottati i seguenti coefficienti di amplificazione e spettrali:

Suolo tipo C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.;

3.2 Parametri di analisi ROTELLO NORD

Si è condotta una analisi di tipo Lineare statica su una costruzione di acciaio regolare in altezza per tenere conto dell'interazione Strutture-Fondazione.

Si è considerata una classe di duttilità Non dissipativa, a cui corrispondono per la struttura in esame i seguenti fattori di struttura:

Fattore di comportamento per sisma SLD X	1,5
Fattore di comportamento per sisma SLD Y	1,5
Fattore di comportamento per sisma SLV X	1.5
Fattore di comportamento per sisma SLV Y	1.5

Altri parametri che influenzano l'azione sismica di progetto sono riassunti in questo prospetto:

Smorzamento viscoso (%)	5
Rotazione del sisma	0
	[deg]
Quota dello '0' sismico	0
	[m]

Nell'analisi statica ci si è riferiti ad una altezza della costruzione di 2.10, valutando un periodo del modo di vibrare principale della struttura pari a . I parametri adottati per l'analisi statica sono riassunti in questo prospetto:

Altezza costruzione	2.10
	[m]

Per tenere conto della variabilità spaziale del moto sismico, nonché di eventuali incertezze nella localizzazione delle masse, la normativa richiede di attribuire al centro di massa una eccentricità accidentale, in aggiunta alla eccentricità naturale della costruzione, mediante l'applicazione di carichi statici costituiti da momenti torcenti di valore pari alla risultante orizzontale della forza agente al piano, moltiplicata per l'eccentricità accidentale del baricentro delle masse rispetto alla sua posizione di calcolo.

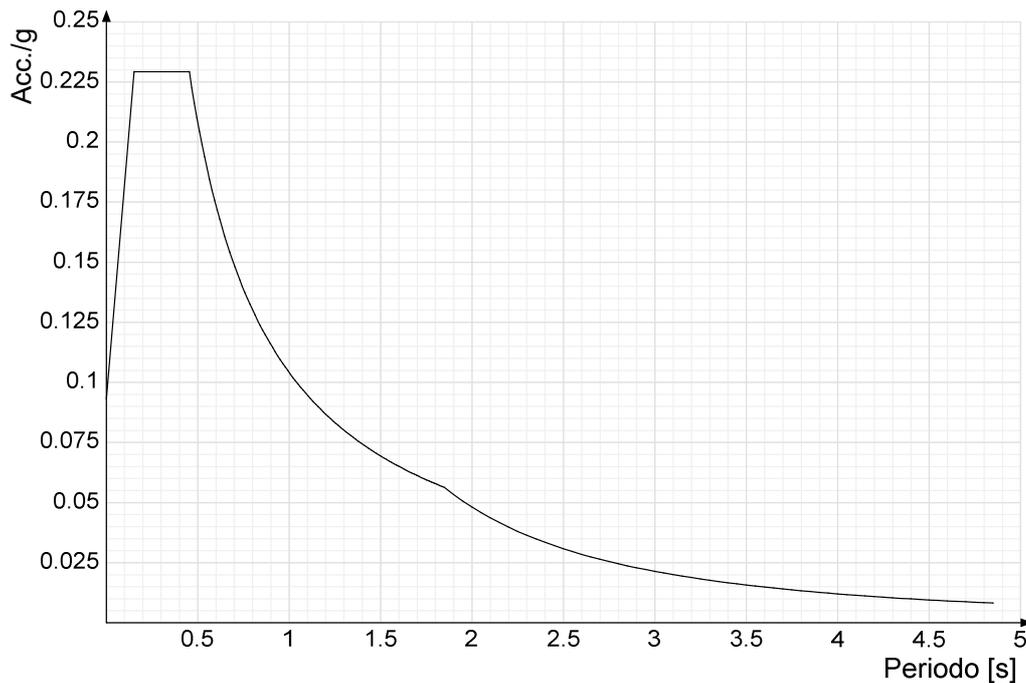
Nella struttura in oggetto si è applicata una eccentricità accidentale secondo il seguente prospetto:

Eccentricità X (per sisma Y) livello "Piano campagna"	0	[m]
Eccentricità Y (per sisma X) livello "Piano campagna"	0	[m]
Eccentricità X (per sisma Y) livello "Pannelo Inf 55°"	0	[m]
Eccentricità Y (per sisma X) livello "Pannelo Inf 55°"	0	[m]
Eccentricità X (per sisma Y) livello "Attacco_impianto"	0	[m]
Eccentricità Y (per sisma X) livello "Attacco_impianto"	0	[m]
Eccentricità X (per sisma Y) livello "Pannelo Sup 55°"	0	[m]
Eccentricità Y (per sisma X) livello "Pannelo Sup 55°"	0	[m]

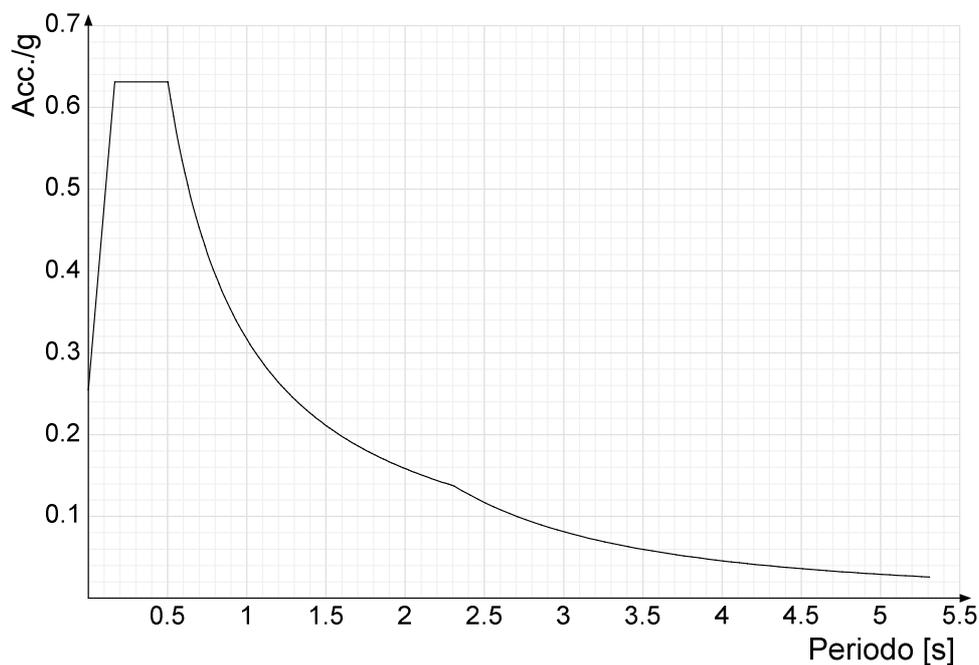
3.3 SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI ORIZZONTALI – MAWS ROTELLO NORD

Si riportano infine gli spettri di risposta elastici delle componenti orizzontali per gli stati limite considerati.

Viene mostrato lo spettro "Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali SLD § 3.2.3.2.1 [3.2.2]".



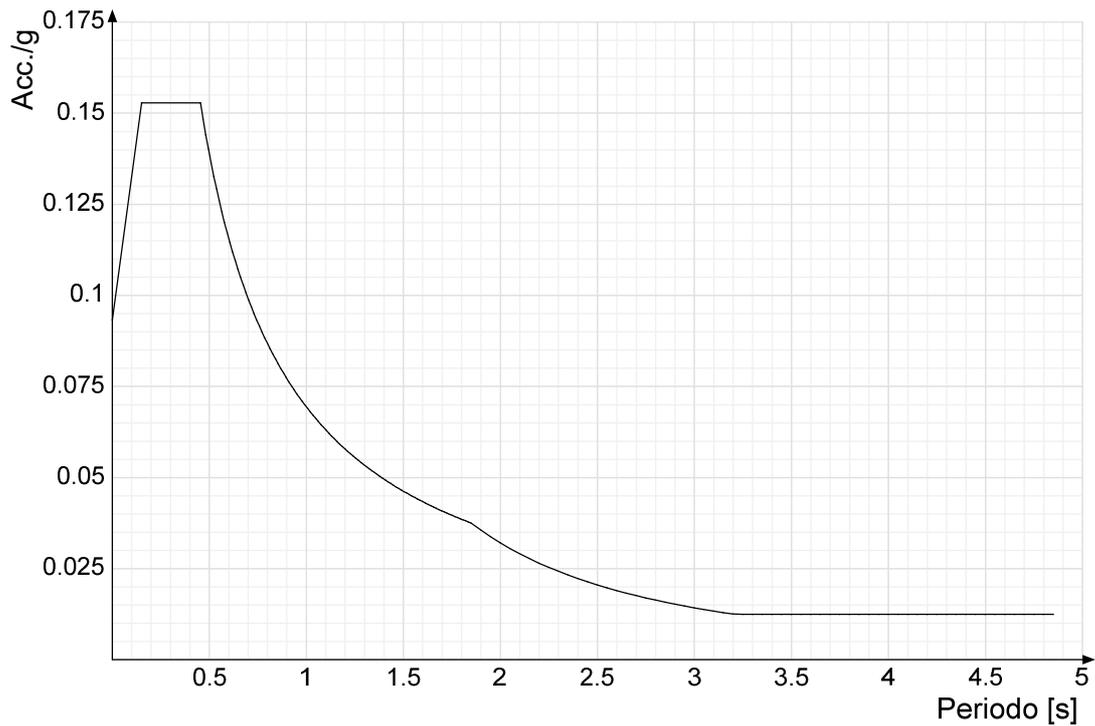
Viene mostrato lo spettro "Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali SLV § 3.2.3.2.1 [3.2.2]".



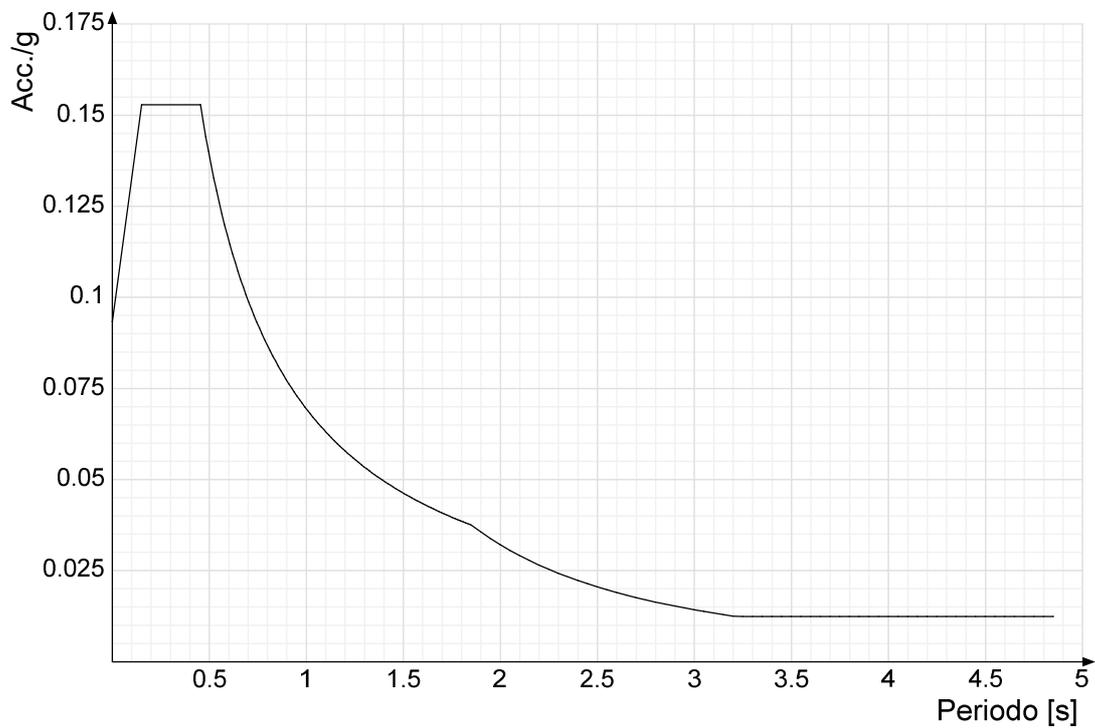
Si riportano infine gli spettri di risposta di progetto delle componenti orizzontali per gli stati limite considerati.

Si riportano infine gli spettri di risposta di progetto delle componenti orizzontali per gli stati limite considerati.

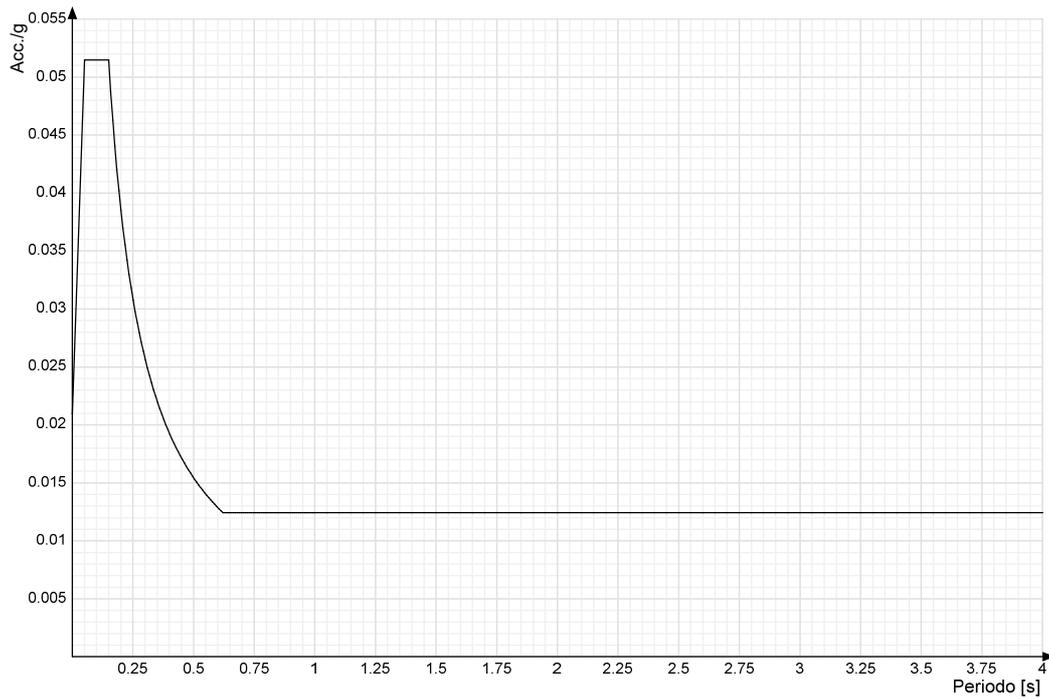
Viene mostrato lo spettro "Spettro di risposta di progetto in accelerazione della componente X SLD § 3.2.3.5".



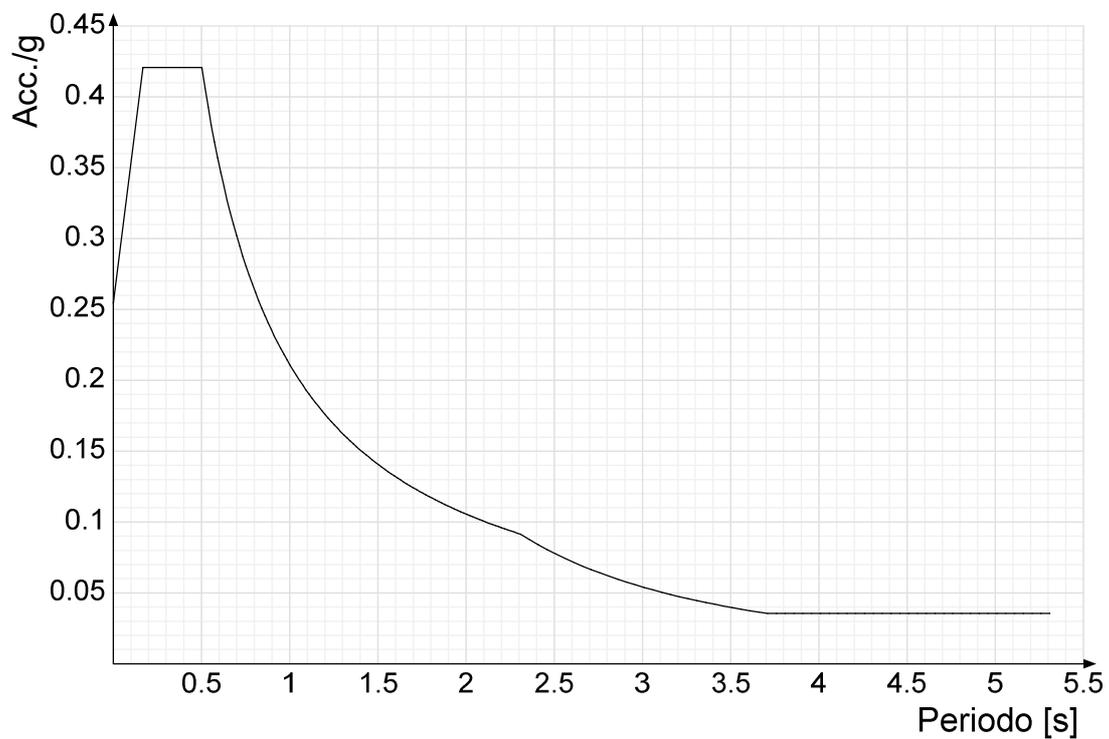
Viene mostrato lo spettro "Spettro di risposta di progetto in accelerazione della componente Y SLD § 3.2.3.5".



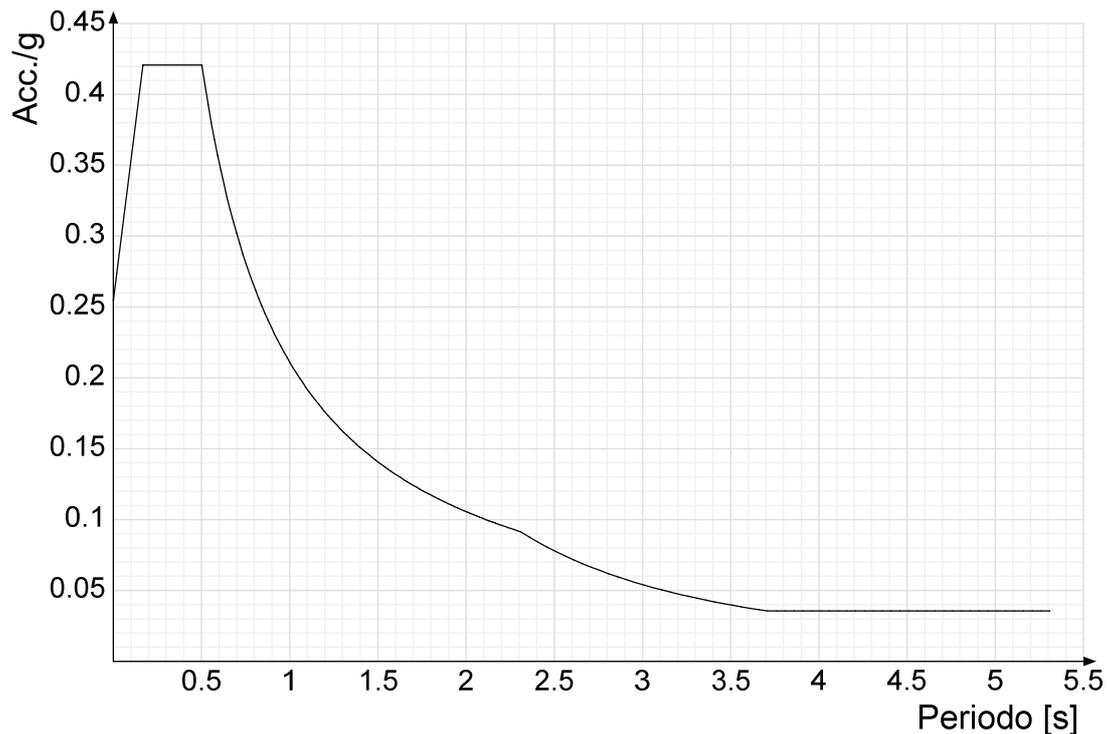
Viene mostrato lo spettro "Spettro di risposta di progetto in accelerazione della componente verticale SLD § 3.2.3.5".



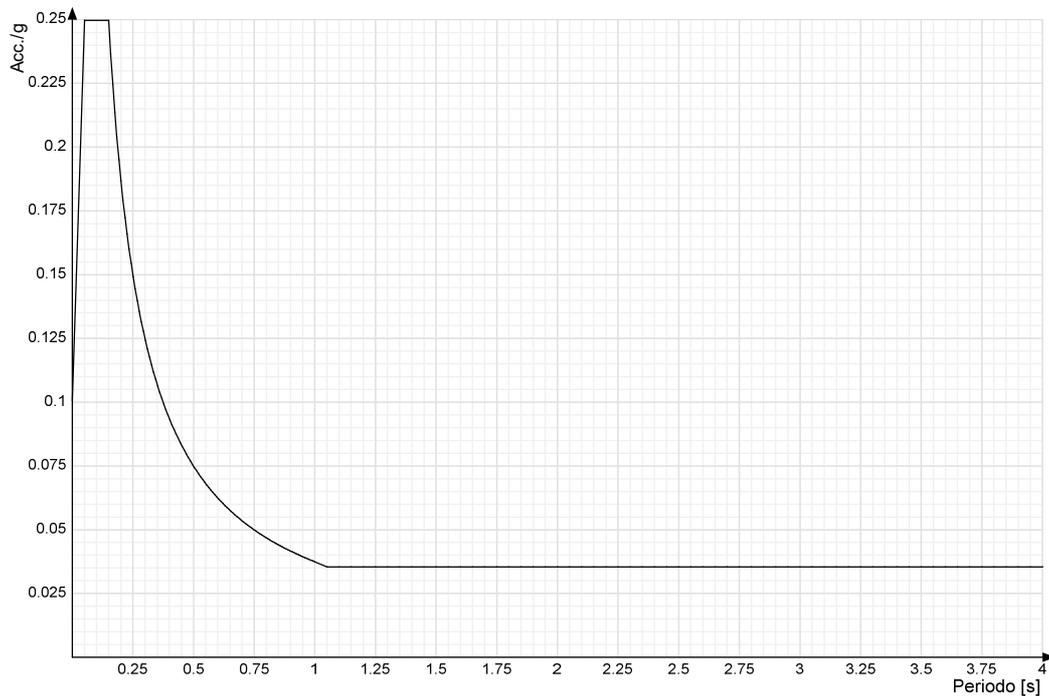
Viene mostrato lo spettro "Spettro di risposta di progetto in accelerazione della componente X SLV § 3.2.3.5".



Viene mostrato lo spettro "Spettro di risposta di progetto in accelerazione della componente Y SLV § 3.2.3.5".



Viene mostrato lo spettro "Spettro di risposta di progetto in accelerazione della componente verticale SLV § 3.2.3.5".



3.4 Parametri di analisi Parametri di analisi ROTELLO SUD

Si è condotta una analisi di tipo Lineare statica su una costruzione di acciaio regolare in altezza.

Si è considerata una classe di duttilità Non dissipativa, a cui corrispondono per la struttura in esame i seguenti fattori di struttura:

Fattore di comportamento per sisma SLD X	1,5
Fattore di comportamento per sisma SLD Y	1,5
Fattore di comportamento per sisma SLV X	1,5
Fattore di comportamento per sisma SLV Y	1,5

Altri parametri che influenzano l'azione sismica di progetto sono riassunti in questo prospetto:

Smorzamento viscoso (%)	5
Rotazione del sisma	0 [deg]
Quota dello '0' sismico	0 [m]

Nell'analisi statica ci si è riferiti ad una altezza della costruzione di 2.1, valutando un periodo del modo di vibrare principale della struttura pari a . I parametri adottati per l'analisi statica sono riassunti in questo prospetto:

Altezza costruzione	2.1[m]
----------------------------	--------

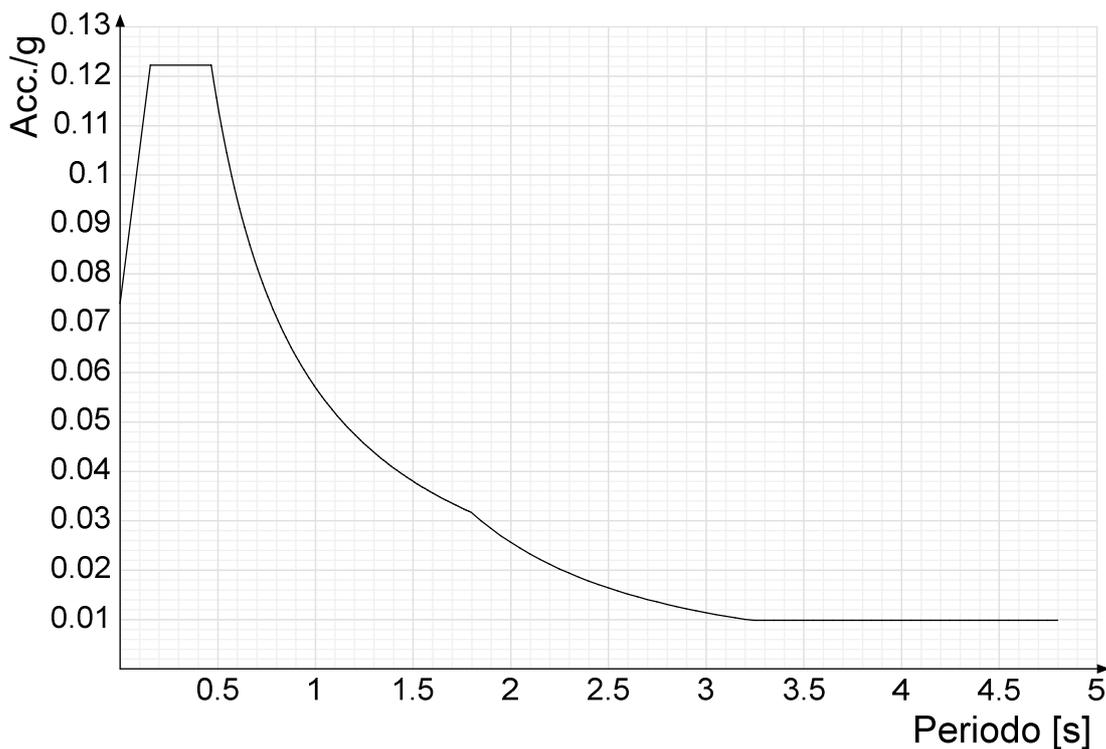
Per tenere conto della variabilità spaziale del moto sismico, nonché di eventuali incertezze nella localizzazione delle masse, la normativa richiede di attribuire al centro di massa una eccentricità accidentale, in aggiunta alla eccentricità naturale della costruzione, mediante l'applicazione di carichi statici costituiti da momenti torcenti di valore pari alla risultante orizzontale della forza agente al piano, moltiplicata per l'eccentricità accidentale del baricentro delle masse rispetto alla sua posizione di calcolo.

Nella struttura in oggetto si è applicata una eccentricità accidentale secondo il seguente prospetto:

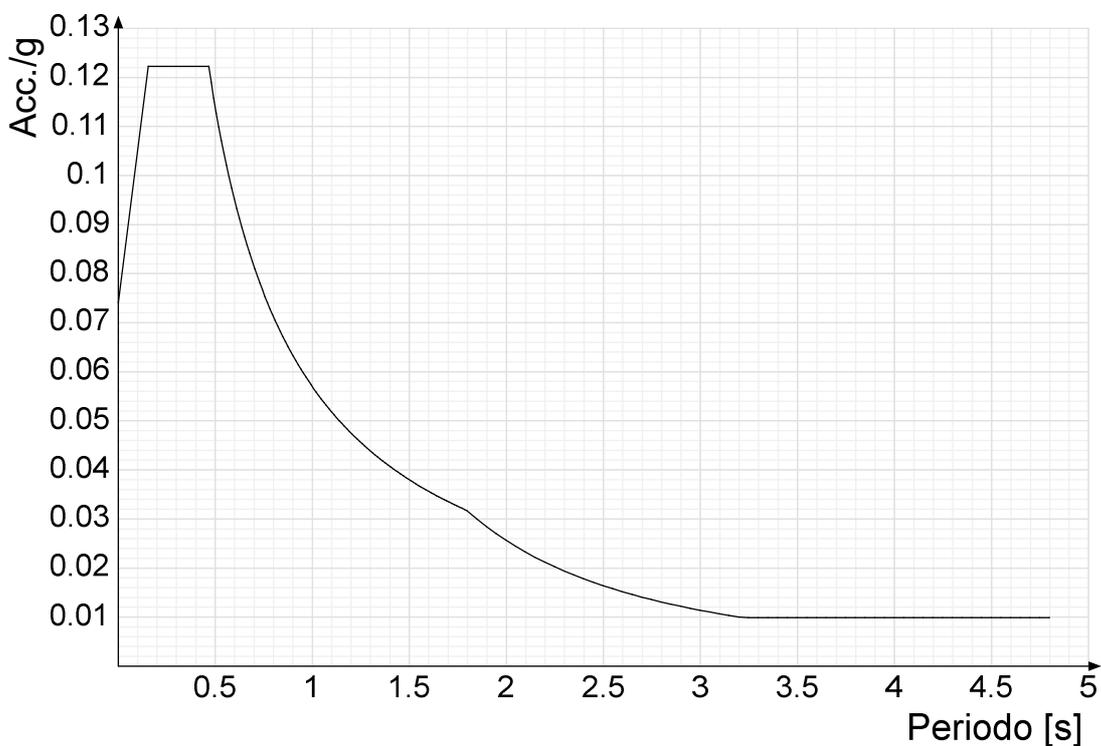
Eccentricità X (per sisma Y) livello "Piano campagna"	0	[m]
Eccentricità Y (per sisma X) livello "Piano campagna"	0	[m]
Eccentricità X (per sisma Y) livello "Pannelo Inf 55°"	0	[m]
Eccentricità Y (per sisma X) livello "Pannelo Inf 55°"	0	[m]
Eccentricità X (per sisma Y) livello "Attacco_impianto"	0	[m]
Eccentricità Y (per sisma X) livello "Attacco_impianto"	0	[m]
Eccentricità X (per sisma Y) livello "Pannelo Sup 55°"	0	[m]
Eccentricità Y (per sisma X) livello "Pannelo Sup 55°"	0	[m]

Si riportano infine gli spettri di risposta di progetto delle componenti orizzontali per gli stati limite considerati.

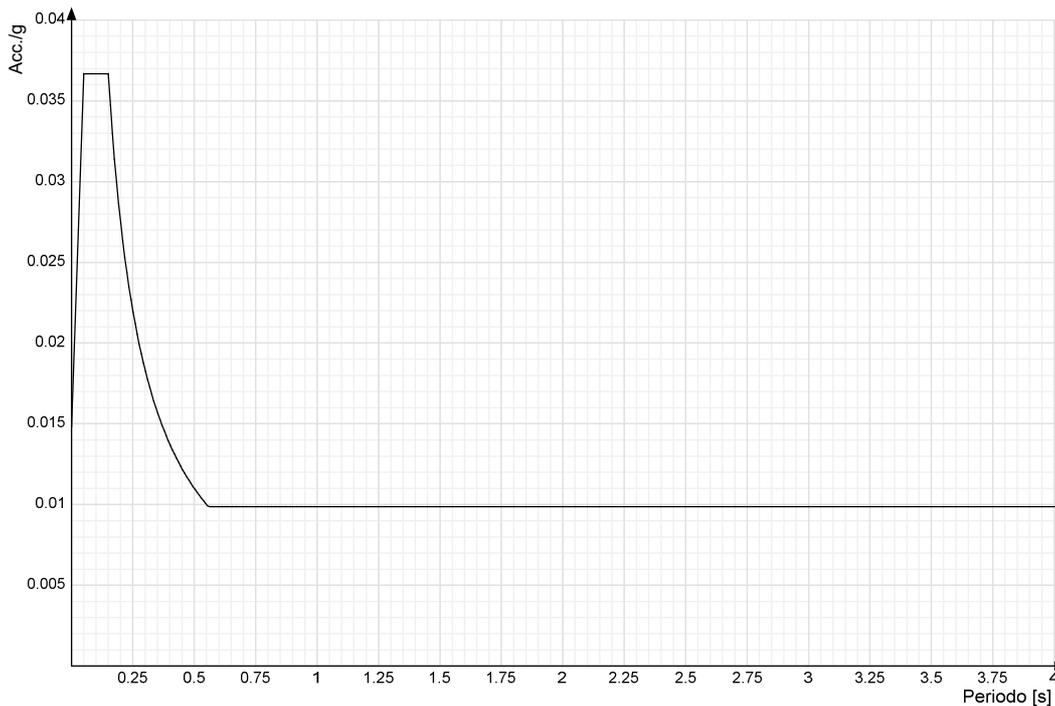
Viene mostrato lo spettro "Spettro di risposta di progetto in accelerazione della componente X SLD § 3.2.3.5".



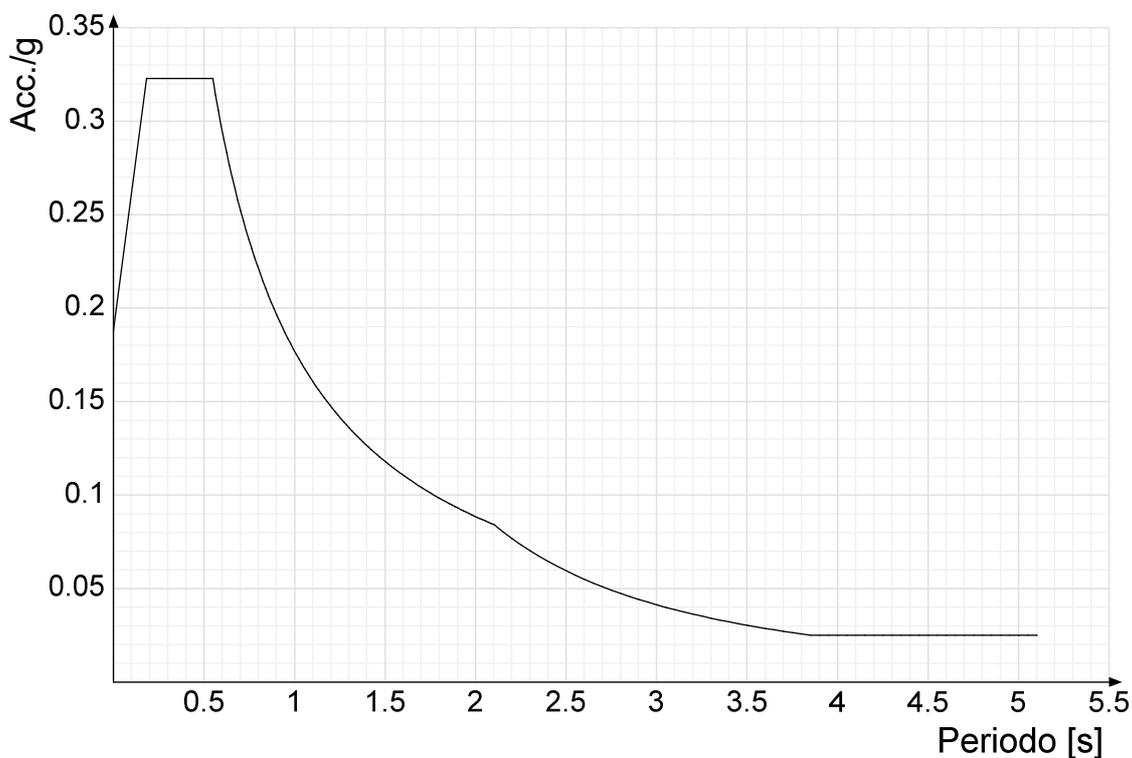
Viene mostrato lo spettro "Spettro di risposta di progetto in accelerazione della componente Y SLD § 3.2.3.5".



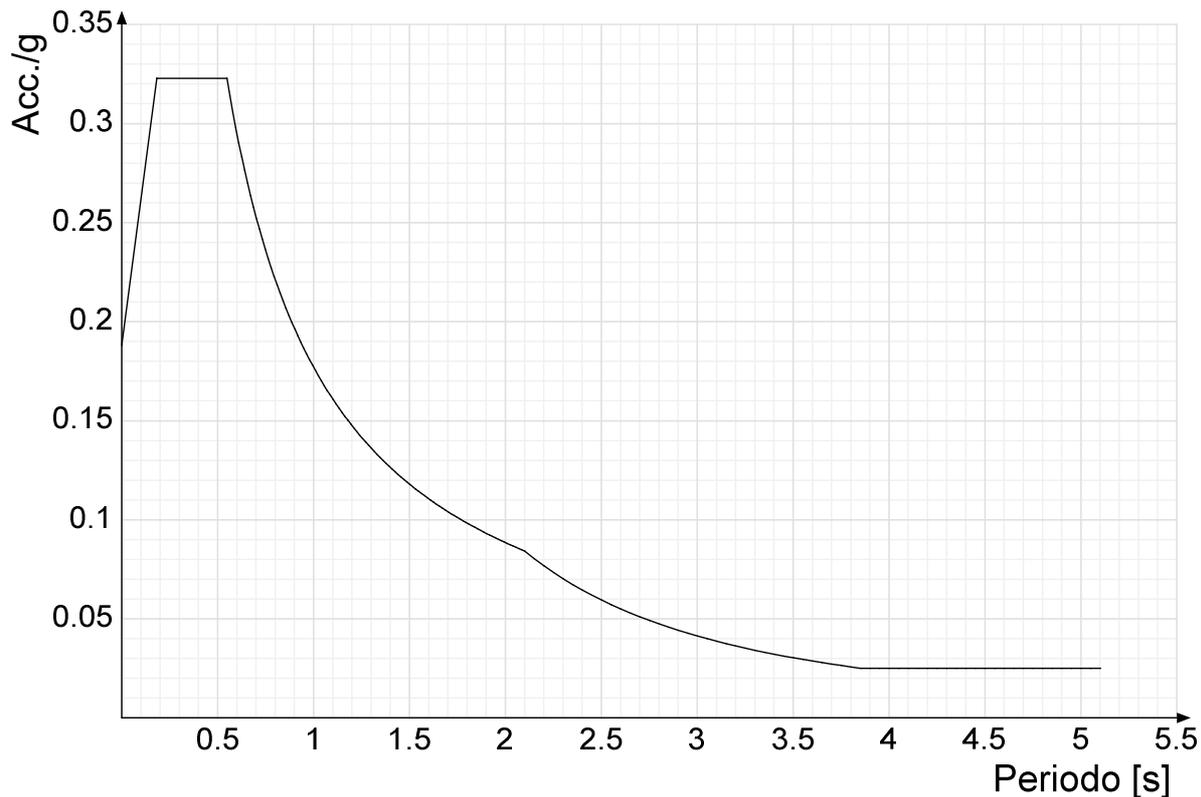
Viene mostrato lo spettro "Spettro di risposta di progetto in accelerazione della componente verticale SLD § 3.2.3.5".



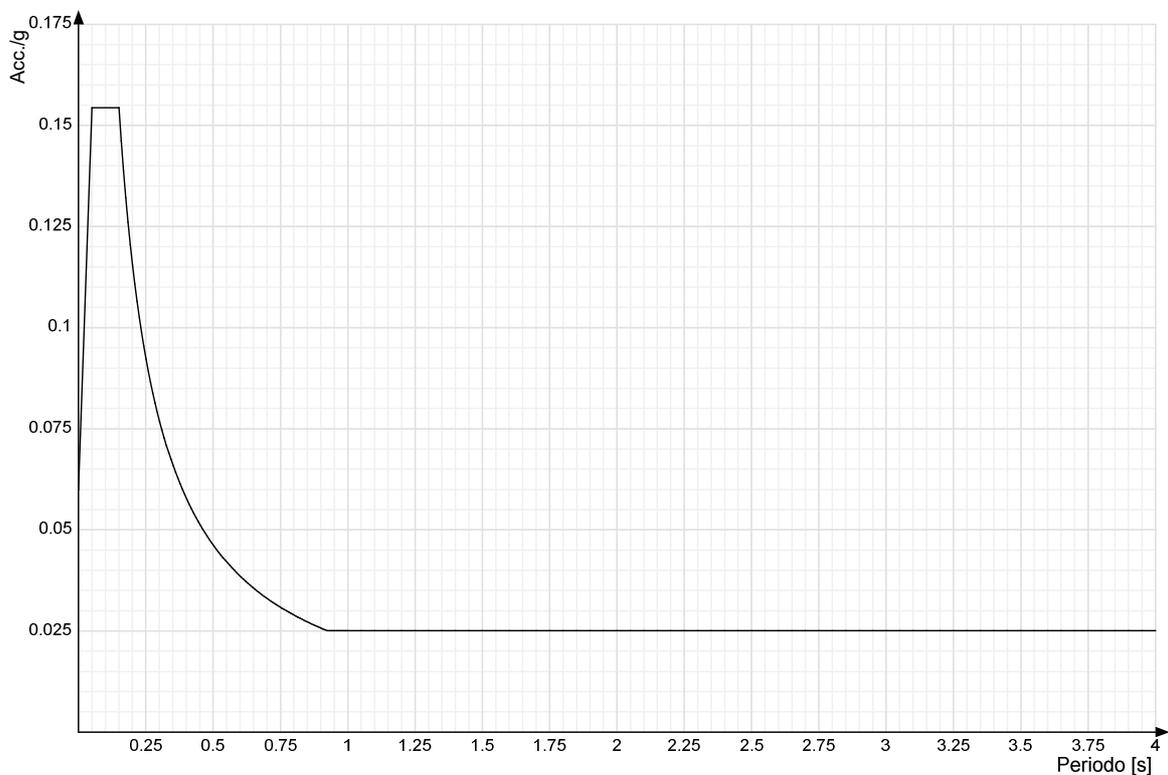
Viene mostrato lo spettro "Spettro di risposta di progetto in accelerazione della componente X SLV § 3.2.3.5".



Viene mostrato lo spettro "Spettro di risposta di progetto in accelerazione della componente Y SLV § 3.2.3.5".



Viene mostrato lo spettro "Spettro di risposta di progetto in accelerazione della componente verticale SLV § 3.2.3.5".



3.5 Parametri geotecnici

Nella presente progettazione si sono considerati i seguenti parametri geotecnici di verifica:

Coefficiente di sicurezza per carico limite (fondazioni superficiali)	2,3
Coefficiente di sicurezza per scorrimento (fondazioni superficiali)	1,1
Coefficiente di sicurezza portanza verticale pali infissi, punta	1,15
Coefficiente di sicurezza portanza verticale pali infissi, laterale compressione	1,15
Coefficiente di sicurezza portanza verticale pali infissi, laterale trazione	1,25
Coefficiente di sicurezza portanza verticale pali trivellati, punta	1,35
Coefficiente di sicurezza portanza verticale pali trivellati, laterale compressione	1,15
Coefficiente di sicurezza portanza verticale pali trivellati, laterale trazione	1,25
Coefficiente di sicurezza portanza verticale micropali, punta	1,35
Coefficiente di sicurezza portanza verticale micropali, laterale compressione	1,15
Coefficiente di sicurezza portanza verticale micropali, laterale trazione	1,25
Coefficiente di sicurezza portanza trasversale pali	1,30
Fattore di correlazione resistenza caratteristica dei pali in base alle verticali indagate	
Prove P1 e P2	1,65
Distanza tra i punti 200 m	
Prove PD_DL30_2 e PD_DL30_2	1,70
Distanza tra i punti maggiore 500 m	
Coefficiente di sicurezza per ribaltamento (plinti superficiali)	1,15

3.6 Principali considerazioni sulla sicurezza

Per la valutazione della sicurezza delle costruzioni si adottano i criteri del metodo semiprobabilistico agli stati limite basato sull'impiego dei coefficienti parziali di sicurezza. Tale metodo, definito di primo livello, è applicabile per opere di ordinaria importanza. La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi di resistenza si effettua con il "metodo dei coefficienti parziali" di sicurezza espresso dalla equazione formale:

$$R_d \geq E_d$$

avendo indicato con R_d la generica resistenza di progetto valutata sulle resistenze di progetto dei materiali e con E_d la generica sollecitazione di progetto ottenuta dalle combinazione seconda normativa.

3.6.1 Vita nominale

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. In accordo alla tabella 2.4.1 si assume una vita nominale maggiore uguale a 50 anni.

3.6.2 Classe d'uso

La classe d'uso è definita con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso. Nel caso in esame la classe d'uso è Classe I.

3.6.3 Periodo di riferimento dell'azione sismica

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N \times C_U$$

Per edifici di Classe II il coefficiente d'uso si assume pari a 0,7 e pertanto risulterà:

$$V_R = 50 \cdot 0,7 = 35 \text{ anni}$$

3.6.3.1.1 STATI LIMITE ULTIMI

Nelle verifiche agli stati limite ultimi si distinguono:

1. lo stato limite di equilibrio come corpo rigido: **EQU**
2. lo stato limite di resistenza della struttura compresi gli elementi di fondazione: **STR**
3. lo stato limite di resistenza del terreno: **GEO**

La Tabella successiva e le Tabelle 5.1.V e 5.2.V (NTC 2018), forniscono i valori dei coefficienti parziali delle azioni da assumere per la determinazione degli effetti delle azioni nelle verifiche agli stati limite ultimi, salvo quanto diversamente previsto nei capitoli successivi delle presenti norme. Per le verifiche nei confronti dello stato limite ultimo di equilibrio come corpo rigido (EQU) si utilizzano i coefficienti parziali γ_F relativi alle azioni riportati nella colonna EQU delle Tabelle sopra citate.

Nelle verifiche nei confronti degli stati limite ultimi strutturali (STR) e geotecnici (GEO) si possono adottare, in alternativa, due diversi approcci progettuali.

Nell'Approccio 1 si impiegano due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A), per la resistenza dei materiali (M) e, eventualmente, per la resistenza globale del sistema (R). Nella Combinazione 1 dell'Approccio 1, per le azioni si impiegano i coefficienti γ_F riportati nella colonna A1 delle Tabelle sopra citate. Nella Combinazione 2 dell'Approccio 1, si impiegano invece i coefficienti γ_F riportati nella colonna A2.

Nell'Approccio 2 si impiega un'unica combinazione dei gruppi di coefficienti parziali definiti per le Azioni (A), per la resistenza dei materiali (M) e, eventualmente, per la resistenza globale (R). In tale approccio, per le azioni si impiegano i coefficienti γ_F riportati nella colonna A1.

I coefficienti parziali γ_M per i parametri geotecnici e i coefficienti γ_R che operano direttamente sulla resistenza globale di opere e sistemi geotecnici sono definiti nel successivo Capitolo 6 (NTC 2018).

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente γ_F	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali	favorevoli	γ_{G2}	0.0	0.0	0.0
	sfavorevoli		1.5	1.5	1.3
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0.0	0.0	0.0
	sfavorevoli		1.5	1.5	1.3
(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare per essi gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.					

Nella Tab. il significato dei simboli è il seguente:

- γ_{G1} coefficiente parziale del peso proprio della struttura, nonché del peso proprio del terreno dell'acqua, quando pertinenti;
- γ_{G2} coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali;
- γ_{Qi} coefficiente parziale delle azioni variabili.

Il coefficiente parziale della precompressione si assume pari a $\gamma_P = 1,0$.

Nel caso in cui l'azione sia costituita dalla spinta del terreno, per la scelta dei coefficienti parziali di sicurezza valgono le indicazioni riportate nel Cap. 6 (NTC 2018).-

3.6.3.1.2 VERIFICHE GEOTECNICHE

- APPROCCIO 2 (A1+M1+R3)

4 PROBLEMI GEOTECNICI E SCELTE TIPOLOGICHE

Sulla base di quanto emerso dalle documentazioni esistenti, in particolare dalla relazione geologica del sito; NON si evidenzia sensibilità **alla liquefazione degli strati interessati dall'intervento. (Terreni Coesivi).**

Sulla base della tipologia di struttura, della distribuzione dei carichi e del terreno si prevedono le seguenti tipologie di fondazione

1. Fondazioni profonde - Pali infissi;
2. Fondazioni superficiali - Plate di fondazione,

5 FONDAZIONI PROFONDE

Nella modellazione si è considerata la presenza di fondazioni profonde, schematizzando il suolo con un letto di molle elastiche di assegnata rigidezza. In direzione orizzontale si è considerata una rigidezza pari a 0.5 volte quella verticale, includendo nella determinazione delle azioni anche il peso sismico delle fondazioni.

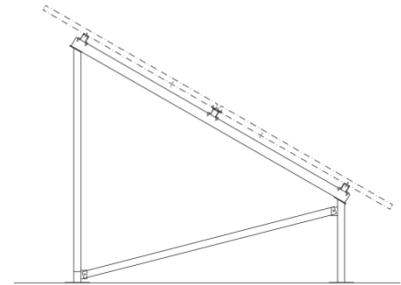
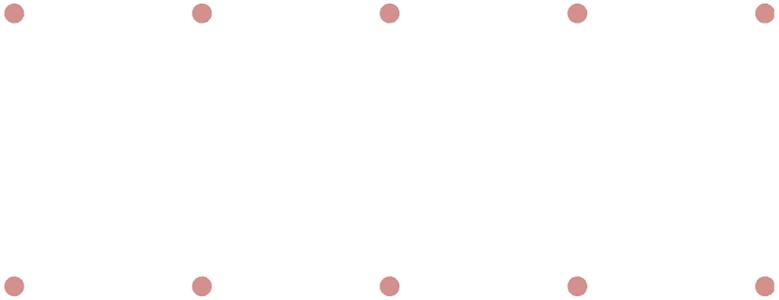
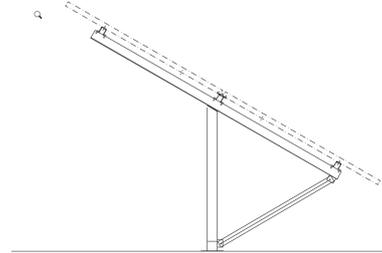
Nella trattazione si sono considerate formule statiche e correlazioni con i risultati di prove in sito ovvero prove penetrometriche dinamiche.

I valori di default dei parametri di modellazione del suolo, cioè quelli adottati dove non diversamente specificato, sono i seguenti:, includendo nella determinazione delle azioni anche il peso sismico delle fondazioni.

Per elementi nei quali si sono valutati i parametri geotecnici in funzione della stratigrafia sottostante si sono adottate le seguenti formulazioni di letteratura:

Metodo di calcolo della K verticale	Vesic
Metodo di calcolo della capacità portante	EC7
Metodo di calcolo della pressione limite punta palo	Vesic
Calcolo carico limite orizzontale per un palo di fondazione infisso	Broms
Calcolo carico limite laterale per un palo di fondazione infisso	Berenzatzev

La resistenza limite offerta dai pali in direzione orizzontale e verticale è funzione dell'attrito e della coesione che si può sviluppare all'interfaccia con il terreno. Oltre ai dati del suolo, descritti nelle seguenti stratigrafie, hanno influenza anche i seguenti parametri indicati al paragrafo 3.5:



Rappresentazione in pianta degli elementi modulari tipici di fondazione Palo Libero di ruotare in testa. Palo. Palo vincolato in testa

5.1 Tipologia palo infisso IPE 160

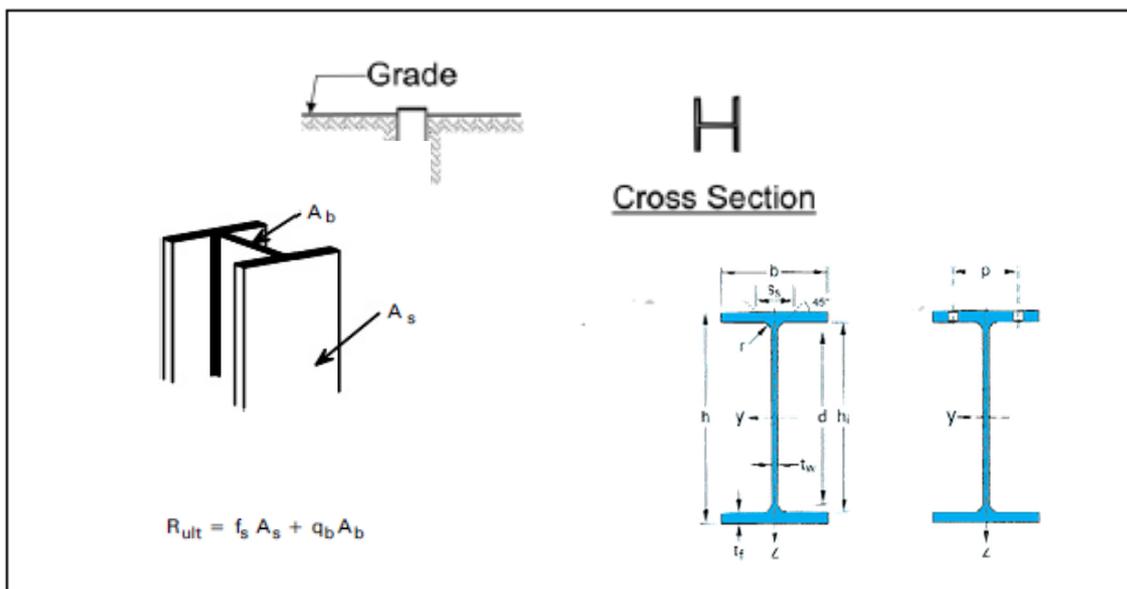


Figura 2 - Tipica forma profilato aperto

Designazione nominale	Massa G kg/m	Dimensioni					Area A cm ²	Dimensioni di costruzione					Superficie da verniciare	
		h mm	b mm	t _w mm	t _f mm	r mm		h _i mm	d mm	Ø	P _{min} mm	P _{max} mm	A _L m ² /m	A _G m ² /t
IPE A 80	5,00	78	46	3,3	4,2	5	6,38	69,6	59,6	-	-	-	0,325	64,90
IPE 80	6,00	80	46	3,8	5,2	5	7,64	69,6	59,6	-	-	-	0,328	54,64
IPE A 100	6,89	98	55	3,6	4,7	7	8,78	88,6	74,6	-	-	-	0,397	57,57
IPE 100	8,10	100	55	4,1	5,7	7	10,32	88,6	74,6	-	-	-	0,400	49,33
IPE A 120	8,66	117,6	64	3,8	5,1	7	11,03	107,4	93,4	-	-	-	0,472	54,47
IPE 120	10,4	120	64	4,4	6,3	7	13,21	107,4	93,4	-	-	-	0,475	45,82
IPE A 140	10,5	137,4	73	3,8	5,6	7	13,39	126,2	112,2	-	-	-	0,547	52,05
IPE 140	12,9	140	73	4,7	6,9	7	16,43	126,2	112,2	-	-	-	0,551	42,70
IPE A 160	12,7	157	82	4,0	5,9	9	16,18	145,2	127,2	-	-	-	0,619	48,70

Figura 3 - Tabella dati caratteristici profilati metallici aperti adottabili

Valore $M_{Rd,cd}$ di progetto del palo: 27,72 kNm

5.1.1 Verifica di capacità portante per la famiglia SLU

Prime indicazione carichi di progetto:

$R_d < E_d$

Forze orizzontali al piede

Orizzontale

$$H = E_d(T) = 4,0 \text{ kN} \rightarrow 0,4 \text{ t}$$

Verticale

$$P = E_d(V) = 9,0 \text{ kN} \rightarrow 0,9 \text{ t}$$

Nota:

Dati da confrontare con gli sviluppi delle strutture reali, che si andranno a realizzare;

5.2 Platea di fondazione

La fondazione a platea è un tipo di fondazione che ha superficie analoga o maggiore dell'impronta lasciata dalla sovrastruttura sul terreno.

Avendo una superficie a contatto con il suolo molto alta, assai maggiore di quella ottenibile con graticcio di travi rovesce e ancor di più dei plinti, rende minima la pressione sul terreno, pertanto viene utilizzata quando il terreno non sia adatto a sopportare grandi pressioni.

Inoltre, questa tipologia fondale risulta utile in presenza di falda, sia per disporre di un presidio contro le infiltrazioni di acqua dal basso, sia per contrastare le sovrappressioni dell'acqua.

Infine, se il terreno eliminato con lo scavo della fondazione bilancia il peso della sovrastruttura e questa ha il baricentro coincidente con quello del terreno scavato, si ha il contenimento dei cedimenti a valori minimi.

In generale le platee, essendo rigide, minimizzano i cedimenti, specie quelli differenziali, tuttavia bisogna prestare attenzione ad alcune situazioni che potrebbero ricorrere. Ad esempio, la presenza di strati cedevoli in profondità rappresenta un pericolo, in quanto la dimensione trasversale della platea è generalmente grande, quindi il bulbo delle pressioni raggiunge strati profondi e ciò potrebbe essere una insidia per i cedimenti.

Similmente, una platea molto estesa potrebbe andare a poggiare su terreni molto diversi tra loro, pertanto è opportuno effettuare un buon piano di indagini.

5.2.1 Verifica di capacità portante e scorrimento per la famiglia SLU

Prime indicazione carichi di progetto:

$R_d < E_d$

5,0 daN/cm²

Verifica capacità portante;

Verifica allo scorrimento;

5.3 Tipologia palo infisso recinzione, porta inverter , circuiti di sicurezza;

Lunghezza minima di infissione 1,0 m. Pali in sezioni a T40x3 , Ø50 , in acciaio S235 JR, per la recinzione elettrosaldato o altra tipologia, con nervature orizzontali e verticali, di comprovata resistenza. Materiale in acciaio zincato e rivestito con polveri termoindurenti di poliestere. Per le recinzioni adottare massima distanza di 2,5 m. I pali per recinzione zincati, in ferro galvanizzato, hanno il vantaggio di essere resistenti agli agenti atmosferici, sono robusti, facili da impiantare e non hanno bisogno di particolare manutenzione.

- Si possano piantare col mazzuolo direttamente nel terreno, per una maggiore stabilità si può optare per il loro inserimento in buche 70x80x80 cm con colatura di malta o cemento.
- Dimensione palo porta telecamere Diametro della base Ø 104 mm $l_{inf}=2,0m$. Normative di riferimento per la video-sorveglianza Norma CEI EN 62762-1-1 e La Norma CEI EN 62762-1-
- Prime indicazione carichi di progetto:
- $R_d < E_d$
- Verifica capacità portante;
- Verifica allo scorrimento;
- Verifica capacità portante verticale;
- Verifica allo scorrimento orizzontale;
- .

6 PROGRAMMA DELLE INDAGINI E DELLE PROVE GEOTECNICHE

Il seguente paragrafo contiene il programma delle indagini e delle prove geotecniche, eseguite atte a definire una prima caratterizzazione geotecnica del volume significativo di terreno, che è la parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione dell'opera e che influenza l'opera stessa. La posizione dei punti di indagine e la loro quota assoluta sono riportate in planimetria. I risultati delle indagini e prove geotecniche sono qui riportate sinteticamente.

L'indagine, eseguita in data 13/03/2023, è consistita nella realizzazione di tre (3) prove PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE, denominate ; P1, P2 e P3 PD_DL30_1, PD_DL30_2 e PD_DL30_3 (Figure 5-6) individuate alle coordinate indicate

P1

Coor. UTM WGS 84 : 41°46'24.88" 15°03'59.94

Penetrometro dinamico leggero SUNDA DL030 Altezza di caduta 20 cm Peso maglio 30 Kg	Committente : Eolica S.r.l. Località : Rotello (CB) Cantiere : Parco agrivoltaiico Coor. UTM WGS 84 : 41°46'24.88" 15°03'59.94 Data : 13/06/2023
---	---

Penetrometro dinamico leggero SUNDA DL030 Altezza di caduta 20 cm Peso maglio 30 Kg	Committente : Eolica S.r.l. Località : Rotello (CB) Cantiere : Parco agrivoltaiico Coor. UTM WGS 84 : 41°46'24.88" 15°03'59.94 Data : 13/06/2023
---	---

Prova n° 1

Profondità	N° colpi	Coeff. Chi	Rd	Rd ridotta	Profondità	N° colpi	Coeff. Chi	Rd	Rd ridotta
			daN/cm²	daN/cm²				daN/cm²	daN/cm²
0	0				610.00		0.575		
10.00	2	0.857	7.143	6.121	620.00		0.574		
20.00	1	0.855	3.271	3.054	630.00		0.573		
30.00	3	0.853	10.714	9.139	640.00		0.572		
40.00	3	0.851	10.714	9.118	650.00		0.571		
50.00	5	0.849	17.857	15.161	660.00		0.570		
60.00	8	0.847	28.571	24.200	670.00		0.570		
70.00	7	0.845	25.000	21.125	680.00		0.569		
80.00	16	0.843	57.143	48.171	690.00		0.568		
90.00	30	0.842	107.143	90.214	700.00		0.567		
100.00	13	0.840	44.238	37.297	710.00		0.566		
110.00	150	0.838	511.354	428.523	720.00		0.565		
120.00		0.836			730.00		0.564		
130.00		0.835			740.00		0.563		
140.00		0.833			750.00		0.562		
150.00		0.831			760.00		0.561		
160.00		0.830			770.00		0.560		
170.00		0.828			780.00		0.559		
180.00		0.826			790.00		0.558		
190.00		0.825			800.00		0.557		
200.00		0.823			810.00		0.556		
210.00		0.822			820.00		0.555		
220.00		0.820			830.00		0.554		
230.00		0.819			840.00		0.553		
240.00		0.817			850.00		0.552		
250.00		0.816			860.00		0.551		
260.00		0.814			870.00		0.550		
270.00		0.813			880.00		0.549		
280.00		0.811			890.00		0.548		
290.00		0.810			900.00		0.547		
300.00		0.809			910.00		0.546		
310.00		0.807			920.00		0.545		
320.00		0.806			930.00		0.544		
330.00		0.795			940.00		0.543		
340.00		0.793			950.00		0.542		
350.00		0.792			960.00		0.541		
360.00		0.781			970.00		0.540		
370.00		0.780			980.00		0.539		
380.00		0.748			990.00		0.538		
390.00		0.747			1000.00		0.537		
400.00		0.746			1010.00		0.536		
410.00		0.695			1020.00		0.535		
420.00		0.694			1030.00		0.534		
430.00		0.693			1040.00		0.533		
440.00		0.691			1050.00		0.532		
450.00		0.690			1060.00		0.531		
460.00		0.659			1070.00		0.530		
470.00		0.658			1080.00		0.529		
480.00		0.657			1090.00		0.528		
490.00		0.656			1100.00		0.527		
500.00		0.635			1110.00		0.526		
510.00		0.634			1120.00		0.525		
520.00		0.633			1130.00		0.524		
530.00		0.632			1140.00		0.523		
540.00		0.581			1150.00		0.522		
550.00		0.580			1160.00		0.521		
560.00		0.579			1170.00		0.520		
570.00		0.578			1180.00		0.519		
580.00		0.577			1190.00		0.518		
590.00		0.576			1200.00		0.517		
600.00		0.575			1210.00		0.516		

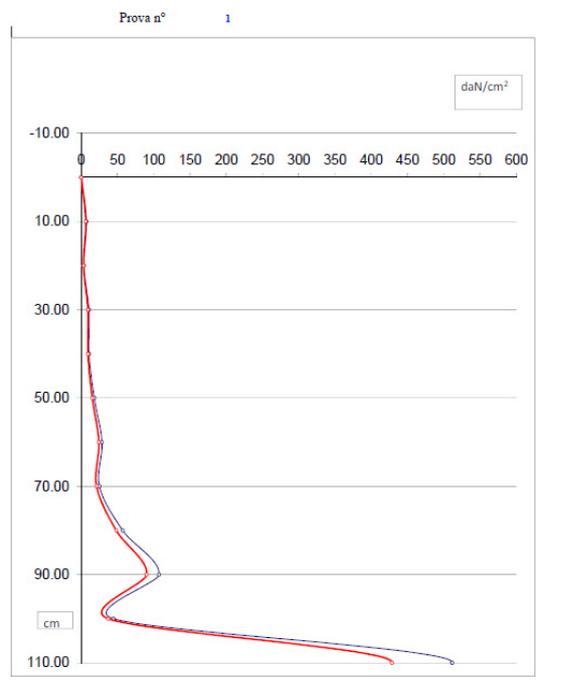


Figura 4 - Prova penetrometrica dinamica P1

P2
Coord. UTM WGS 84 : 41°46'12.52"15°03'29.25

Penetrometro dinamico leggero SUNDA DL030 Altezza di caduta 20 cm Peso maglio 30 Kg	Committente : Eolica S.r.l. Località : Rotello (CB) Cantiere : Parco agrivoltaico Coord. UTM WGS 84 : 41°46'12.52 15°03'29.25 Data : 13/06/2023
---	---

Prova n° 2

Profondità	N° colpi	Coeff. Chi	Rd	Rd ridotta	Profondità	N° colpi	Coeff. Chi	Rd	Rd ridotta
			daN/cm ²	daN/cm ²				daN/cm ²	daN/cm ²
0	0				610.00		0.575		
10.00	3	0.857	10.714	9.182	620.00		0.574		
20.00	2	0.855	7.143	6.107	630.00		0.573		
30.00	3	0.853	10.714	9.139	640.00		0.572		
40.00	3	0.851	10.714	9.118	650.00		0.571		
50.00	5	0.849	17.657	15.161	660.00		0.570		
60.00	6	0.847	21.429	18.150	670.00		0.570		
70.00	7	0.845	25.000	21.125	680.00		0.569		
80.00	4	0.843	14.286	12.043	690.00		0.568		
90.00	7	0.842	25.000	21.050	700.00		0.567		
100.00	7	0.840	23.864	20.040	710.00		0.566		
110.00	10	0.839	34.091	28.565	720.00		0.565		
120.00	13	0.836	44.318	37.050	730.00		0.564		
130.00	14	0.835	47.727	39.552	740.00		0.563		
140.00	13	0.833	44.318	36.917	750.00		0.562		
150.00	14	0.831	47.727	39.561	760.00		0.561		
160.00	18	0.830	61.364	50.932	770.00		0.560		
170.00	18	0.828	61.364	50.809	780.00		0.559		
180.00	18	0.826	61.364	50.686	790.00		0.558		
190.00	25	0.825	85.297	70.313	800.00		0.557		
200.00	15	0.823	48.913	40.255	810.00		0.556		
210.00	16	0.822	52.174	42.887	820.00		0.555		
220.00	14	0.820	45.692	37.438	830.00		0.554		
230.00	18	0.819	58.696	48.072	840.00		0.553		
240.00	16	0.817	52.174	42.626	850.00		0.552		
250.00	13	0.816	42.351	34.951	860.00		0.551		
260.00	13	0.814	42.351	34.507	870.00		0.550		
270.00	15	0.813	48.913	39.766	880.00		0.549		
280.00	18	0.811	58.696	47.605	890.00		0.548		
290.00	20	0.810	65.217	52.826	900.00		0.547		
300.00	27	0.809	85.043	71.222	910.00		0.546		
310.00	25	0.807	79.348	64.734	920.00		0.545		
320.00	150	0.806	489.130	394.239	930.00		0.544		
330.00		0.795			940.00		0.543		
340.00		0.783			950.00		0.542		
350.00		0.782			960.00		0.541		
360.00		0.781			970.00		0.540		
370.00		0.780			980.00		0.539		
380.00		0.748			990.00		0.538		
390.00		0.747			1000.00		0.537		
400.00		0.746			1010.00		0.536		
410.00		0.695			1020.00		0.535		
420.00		0.694			1030.00		0.534		
430.00		0.693			1040.00		0.533		
440.00		0.691			1050.00		0.532		
450.00		0.690			1060.00		0.531		
460.00		0.689			1070.00		0.530		
470.00		0.688			1080.00		0.529		
480.00		0.687			1090.00		0.528		
490.00		0.686			1100.00		0.527		
500.00		0.635			1110.00		0.526		
510.00		0.634			1120.00		0.525		
520.00		0.633			1130.00		0.524		
530.00		0.632			1140.00		0.523		
540.00		0.581			1150.00		0.522		
550.00		0.580			1160.00		0.521		
560.00		0.579			1170.00		0.520		
570.00		0.578			1180.00		0.519		
580.00		0.577			1190.00		0.518		
590.00		0.576			1200.00		0.517		
600.00		0.575			1210.00		0.516		

Penetrometro dinamico leggero SUNDA DL030 Altezza di caduta 20 cm Peso maglio 30 Kg	Committente : Eolica S.r.l. Località : Rotello (CB) Cantiere : Parco agrivoltaico Coord. UTM WGS 84 : 41°46'12.52 15°03'29.25 Data : 13/06/2023
---	---

Prova n° 2

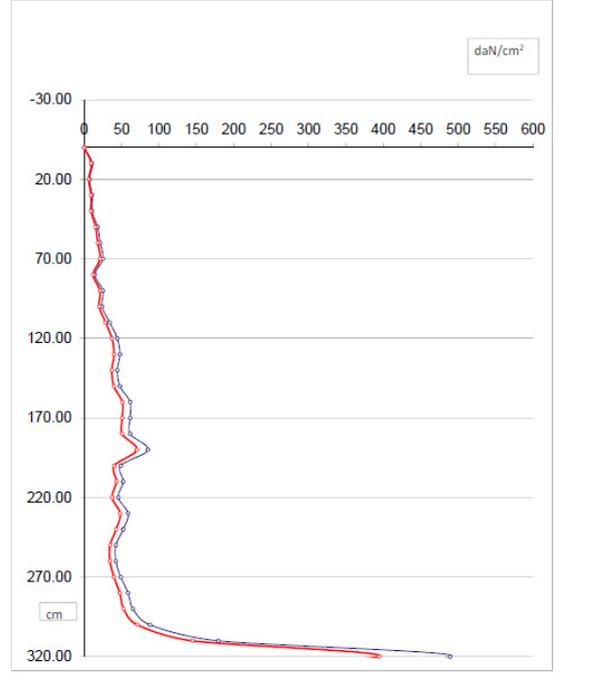


Figura 5 - Prova penetrometrica dinamica P2

P3
Coord. UTM WGS 84 : 41°15'49.33"15°03'1.66"

Penetrometro dinamico leggero SUNDA DL030 Altezza di caduta 20 cm Peso maglio 30 Kg	Committente : Eolica S.r.l. Località : Rotello (CB) Cantiere : Parco agrivoltaico Coord. UTM WGS 84 : 41°15'49.33 15°03'1.66" Data : 13/06/2023
---	---

Prova n° 3

Profondità	N° colpi	Coeff. Chi	Rd	Rd ridotta	Profondità	N° colpi	Coeff. Chi	Rd	Rd ridotta
			daN/cm ²	daN/cm ²				daN/cm ²	daN/cm ²
0	0				610.00		0.575		
10.00	1	0.857	3.571	3.061	620.00		0.574		
20.00	2	0.855	7.143	6.107	630.00		0.573		
30.00	4	0.853	14.286	12.186	640.00		0.572		
40.00	7	0.851	25.000	21.295	650.00		0.571		
50.00	8	0.849	26.571	24.257	660.00		0.570		
60.00	9	0.847	32.143	27.225	670.00		0.570		
70.00	8	0.845	26.571	24.143	680.00		0.569		
80.00	8	0.843	26.571	24.086	690.00		0.568		
90.00	3	0.840	10.714	9.021	700.00		0.567		
100.00	3	0.840	10.227	8.595	710.00		0.566		
110.00	4	0.838	13.636	11.427	720.00		0.565		
120.00	5	0.836	17.045	14.260	730.00		0.564		
130.00	4	0.835	13.636	11.386	740.00		0.563		
140.00	6	0.833	20.455	17.039	750.00		0.562		
150.00	8	0.831	27.273	22.664	760.00		0.561		
160.00	4	0.830	13.636	11.318	770.00		0.560		
170.00	7	0.828	23.864	19.759	780.00		0.559		
180.00	7	0.826	23.864	19.711	790.00		0.558		
190.00	10	0.825	34.091	28.125	800.00		0.557		
200.00	10	0.823	32.609	26.837	810.00		0.556		
210.00	13	0.822	42.351	34.846	820.00		0.555		
220.00	15	0.820	48.913	40.109	830.00		0.554		
230.00	20	0.819	65.217	53.413	840.00		0.553		
240.00	150	0.817	489.130	399.620	850.00		0.552		
250.00		0.816			860.00		0.551		
260.00		0.814			870.00		0.550		
270.00		0.813			880.00		0.549		
280.00		0.811			890.00		0.548		
290.00		0.810			900.00		0.547		
300.00		0.809			910.00		0.546		
310.00		0.807			920.00		0.545		
320.00		0.806			930.00		0.544		
330.00		0.785			940.00		0.543		
340.00		0.783			950.00		0.542		
350.00		0.782			960.00		0.541		
360.00		0.781			970.00		0.540		
370.00		0.780			980.00		0.539		
380.00		0.748			990.00		0.538		
390.00		0.747			1000.00		0.537		
400.00		0.746			1010.00		0.536		
410.00		0.695			1020.00		0.535		
420.00		0.694			1030.00		0.534		
430.00		0.693			1040.00		0.533		
440.00		0.691			1050.00		0.532		
450.00		0.690			1060.00		0.531		
460.00		0.689			1070.00		0.530		
470.00		0.688			1080.00		0.529		
480.00		0.687			1090.00		0.528		
490.00		0.686			1100.00		0.527		
500.00		0.635			1110.00		0.526		
510.00		0.634			1120.00		0.525		
520.00		0.633			1130.00		0.524		
530.00		0.632			1140.00		0.523		
540.00		0.581			1150.00		0.522		
550.00		0.580			1160.00		0.521		
560.00		0.579			1170.00		0.520		
570.00		0.578			1180.00		0.519		
580.00		0.577			1190.00		0.518		
590.00		0.576			1200.00		0.517		
600.00		0.575			1210.00		0.516		

Penetrometro dinamico leggero SUNDA DL030 Altezza di caduta 20 cm Peso maglio 30 Kg	Committente : Eolica S.r.l. Località : Rotello (CB) Cantiere : Parco agrivoltaico Coord. UTM WGS 84 : 41°15'49.33 15°03'1.66" Data : 13/06/2023
---	---

Prova n° 3

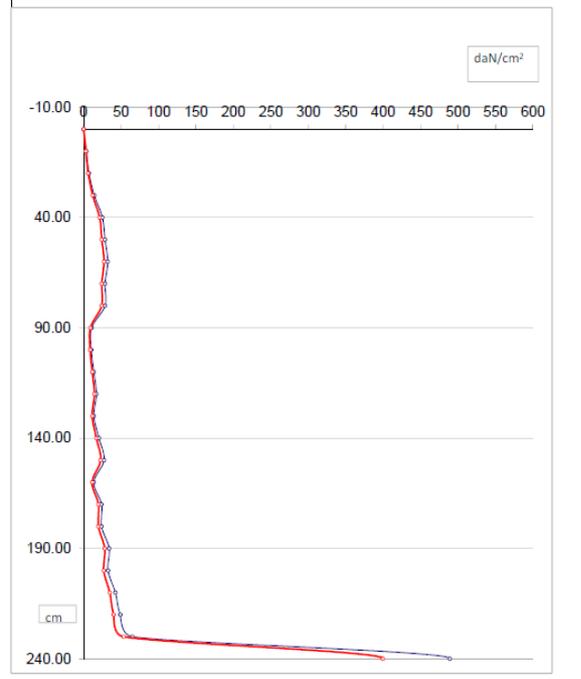


Figura 6 - Figura 5 - Prova penetrometrica dinamica P3

6.1.1 Prove dinamiche penetrometriche:

Vengono elencati in modo sintetico tutti i sondaggi risultanti dalle verticali di indagine condotte in sito, con l'indicazione dei terreni incontrati, degli spessori e dell'eventuale falda acquifera.

Nome attribuito al sondaggio: **01-ROTELLO_P1**

Coordinate planimetriche del sondaggio nel sistema globale scelto: 0, 0

Quota della sommità del sondaggio (P.C.) nel sistema globale scelto: 0

I valori sono espressi in m

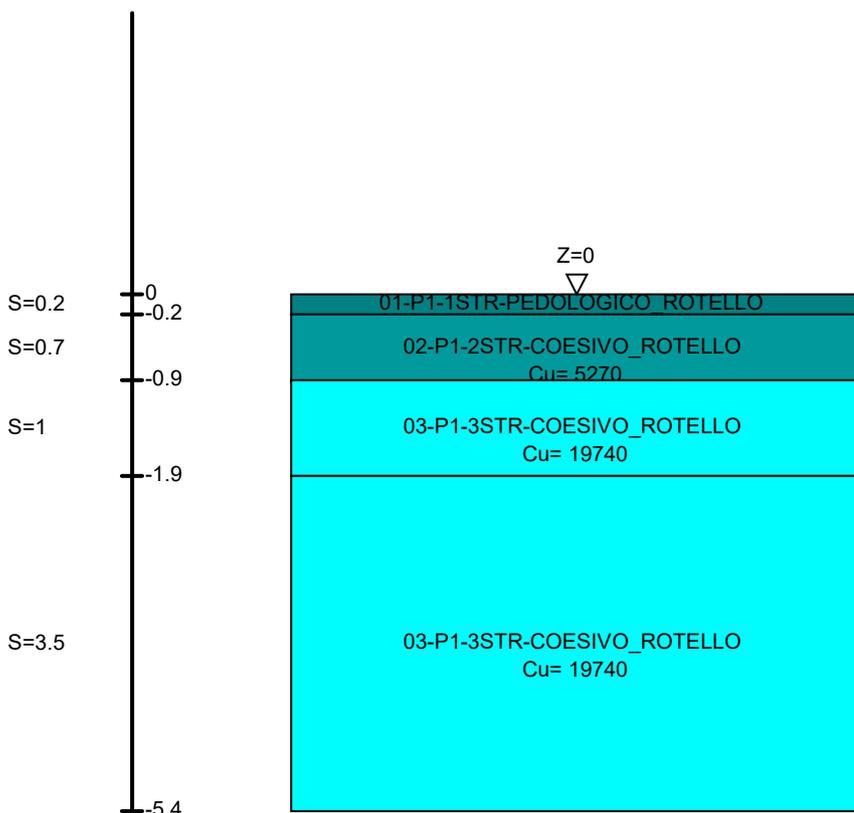


Immagine: 01-ROTELLO_P1

- ▽ Pannello Sup 55° (Z=2.0)
- ▽ Attacco_impianto (Z=2.0)
- ▽ Pannello Inf 55° (Z=1.4)
- ▽ Piano campagna (Z=0)

6.1.1.1 Stratigrafie 01-ROTELLO_P1

Terreno: terreno mediamente uniforme presente nello strato.

Sp.: spessore dello strato. [m]

Liqf.: indica se considerare lo strato come liquefacibile nelle combinazioni sismiche. Con 'Da verifica' viene considerato quanto risulta dalla verifica condotta a fine calcolo solutore.

Kor,i: coefficiente K orizzontale al livello inferiore dello strato per modellazione palo. [daN/m³]

Kor,s: coefficiente K orizzontale al livello superiore dello strato per modellazione palo. [daN/m³]

Kve,i: coefficiente K verticale al livello inferiore dello strato per modellazione palo. [daN/m³]

Kve,s: coefficiente K verticale al livello superiore dello strato per modellazione palo. [daN/m³]

Eel,s: modulo elastico al livello superiore dello strato per calcolo cedimenti istantanei; 0 per non calcolarli. [daN/m²]

Eel,i: modulo elastico al livello inferiore dello strato per calcolo cedimenti istantanei; 0 per non calcolarli. [daN/m²]

Eed,s: modulo edometrico al livello superiore per calcolo cedimenti complessivi; 0 per non calcolarli. [daN/m²]

Eed,i: modulo edometrico al livello inferiore per calcolo cedimenti complessivi; 0 per non calcolarli. [daN/m²]

CC,s: coefficiente di compressione vergine CC al livello superiore per calcolo cedimenti di consolidazione; 0 per non calcolarli. Il valore è adimensionale.

CC,i: coefficiente di compressione vergine CC al livello inferiore per calcolo cedimenti di consolidazione; 0 per non calcolarli. Il valore è adimensionale.

CR,s: coefficiente di ricomprensione CR al livello superiore per calcolo cedimenti di consolidazione; 0 per non calcolarli. Il valore è adimensionale.

CR,i: coefficiente di ricomprensione CR al livello inferiore per calcolo cedimenti di consolidazione; 0 per non calcolarli. Il valore è adimensionale.

E0,s: indice dei vuoti E0 al livello superiore per calcolo cedimenti di consolidazione. Il valore è adimensionale.

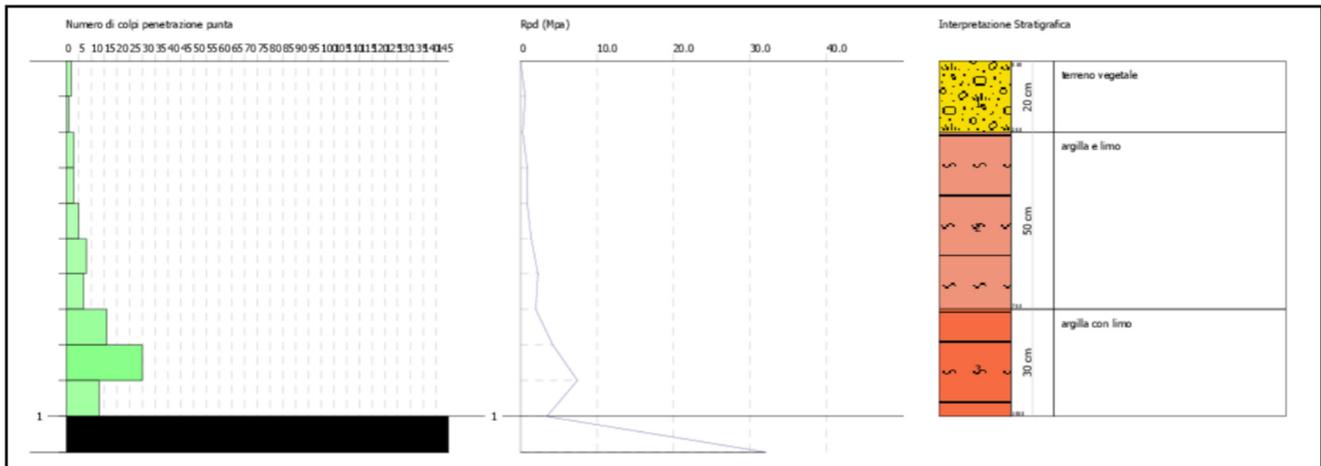
E0,i: indice dei vuoti E0 al livello inferiore per calcolo cedimenti di consolidazione. Il valore è adimensionale.

OCR,s: indice di sovraconsolidazione OCR al livello superiore per calcolo cedimenti di consolidazione; 1 per terreno NC. Il valore è

adimensionale.

OCR_i: indice di sovraconsolidazione OCR al livello inferiore per calcolo cedimenti di consolidazione; 1 per terreno NC. Il valore è adimensionale.

Terreno	Sp.	Liqf	Kor,i	Kor,s	Kve,i	Kve,s	Eel,s	Eel,i	Eed,s	Eed,i	CC,s	CC,i	CR,s	CR,i	E0,s	E0,i	OCR,s	OCR,i
01-P1-1STR- PEDOLOGICO_ROTELLO	0.2	No	1.0E6	1.0E6	1.0E6	1.0E6	100000	100000	1.2E6	1.2E6	0	0	0	0	0	0	1	1
02-P1-2STR- COESIVO_ROTELLO	0.7	No	1.0E6	1.0E6	1.0E6	1.0E6	138000	138000	320000	318000	0	0	0	0	0	0	1	1
03-P1-3STR- COESIVO_ROTELLO	1	No	1.0E6	1.0E6	1.0E6	1.0E6	1.5E6	1.5E6	1.5E6	1.5E6	0	0	0	0	0	0	1	1
03-P1-3STR- COESIVO_ROTELLO	3.5	No	1.0E6	1.0E6	1.0E6	1.0E6	1.5E6	1.5E6	1.5E6	1.5E6	0	0	0	0	0	0	1	1



Nome attribuito al sondaggio: **02-ROTELLO-P2**

Coordinate planimetriche del sondaggio nel sistema globale scelto: 2000, 0

Quota della sommità del sondaggio (P.C.) nel sistema globale scelto: 0

I valori sono espressi in m

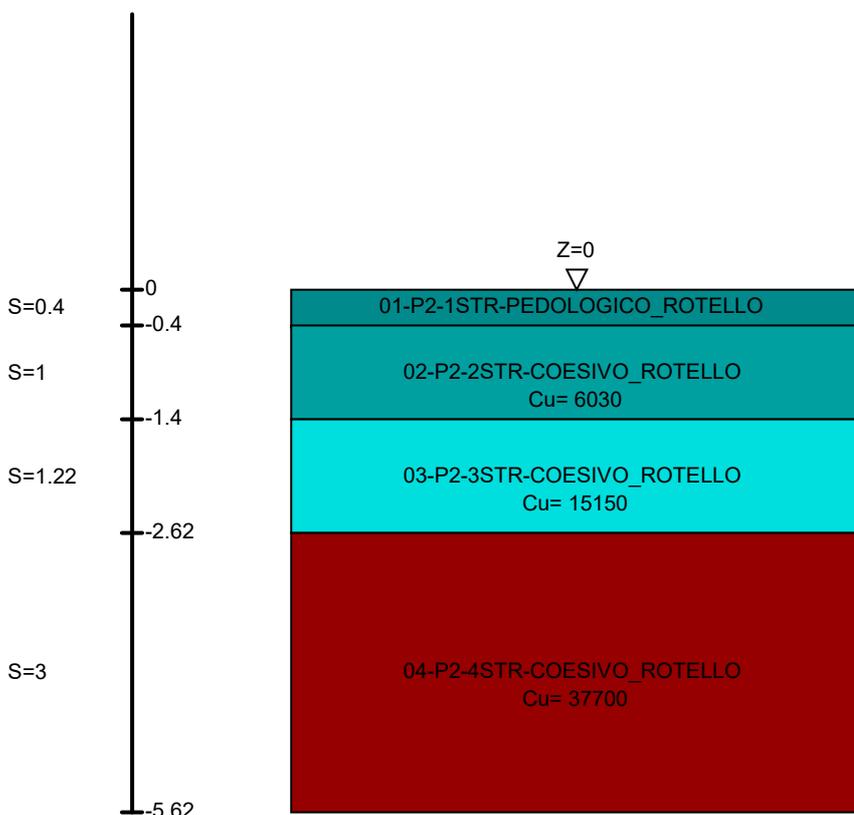


Immagine: 02-ROTELLO-P2

▽ Pannello Sup 55° (Z=2.0)

▽ Attacco_impianto (Z=2.0)

▽ Pannello Inf 55° (Z=1.4)

▽ Piano campagna (Z=0)

6.1.1.2 Stratigrafie 02-ROTELLO-P2

Terreno: terreno mediamente uniforme presente nello strato.

Sp.: spessore dello strato. [m]

Liqf: indica se considerare lo strato come liquefacibile nelle combinazioni sismiche. Con 'Da verifica' viene considerato quanto risulta dalla verifica condotta a fine calcolo solutore.

Kor,i: coefficiente K orizzontale al livello inferiore dello strato per modellazione palo. [daN/m³]

Kor,s: coefficiente K orizzontale al livello superiore dello strato per modellazione palo. [daN/m³]

Kve,i: coefficiente K verticale al livello inferiore dello strato per modellazione palo. [daN/m³]

Kve,s: coefficiente K verticale al livello superiore dello strato per modellazione palo. [daN/m³]

Eel,s: modulo elastico al livello superiore dello strato per calcolo cedimenti istantanei; 0 per non calcolarli. [daN/m²]

Eel,i: modulo elastico al livello inferiore dello strato per calcolo cedimenti istantanei; 0 per non calcolarli. [daN/m²]

Eed,s: modulo edometrico al livello superiore per calcolo cedimenti complessivi; 0 per non calcolarli. [daN/m²]

Eed,i: modulo edometrico al livello inferiore per calcolo cedimenti complessivi; 0 per non calcolarli. [daN/m²]

CC,s: coefficiente di compressione vergine CC al livello superiore per calcolo cedimenti di consolidazione; 0 per non calcolarli. Il valore è adimensionale.

CC,i: coefficiente di compressione vergine CC al livello inferiore per calcolo cedimenti di consolidazione; 0 per non calcolarli. Il valore è adimensionale.

CR,s: coefficiente di ricomprensione CR al livello superiore per calcolo cedimenti di consolidazione; 0 per non calcolarli. Il valore è adimensionale.

CR,i: coefficiente di ricomprensione CR al livello inferiore per calcolo cedimenti di consolidazione; 0 per non calcolarli. Il valore è adimensionale.

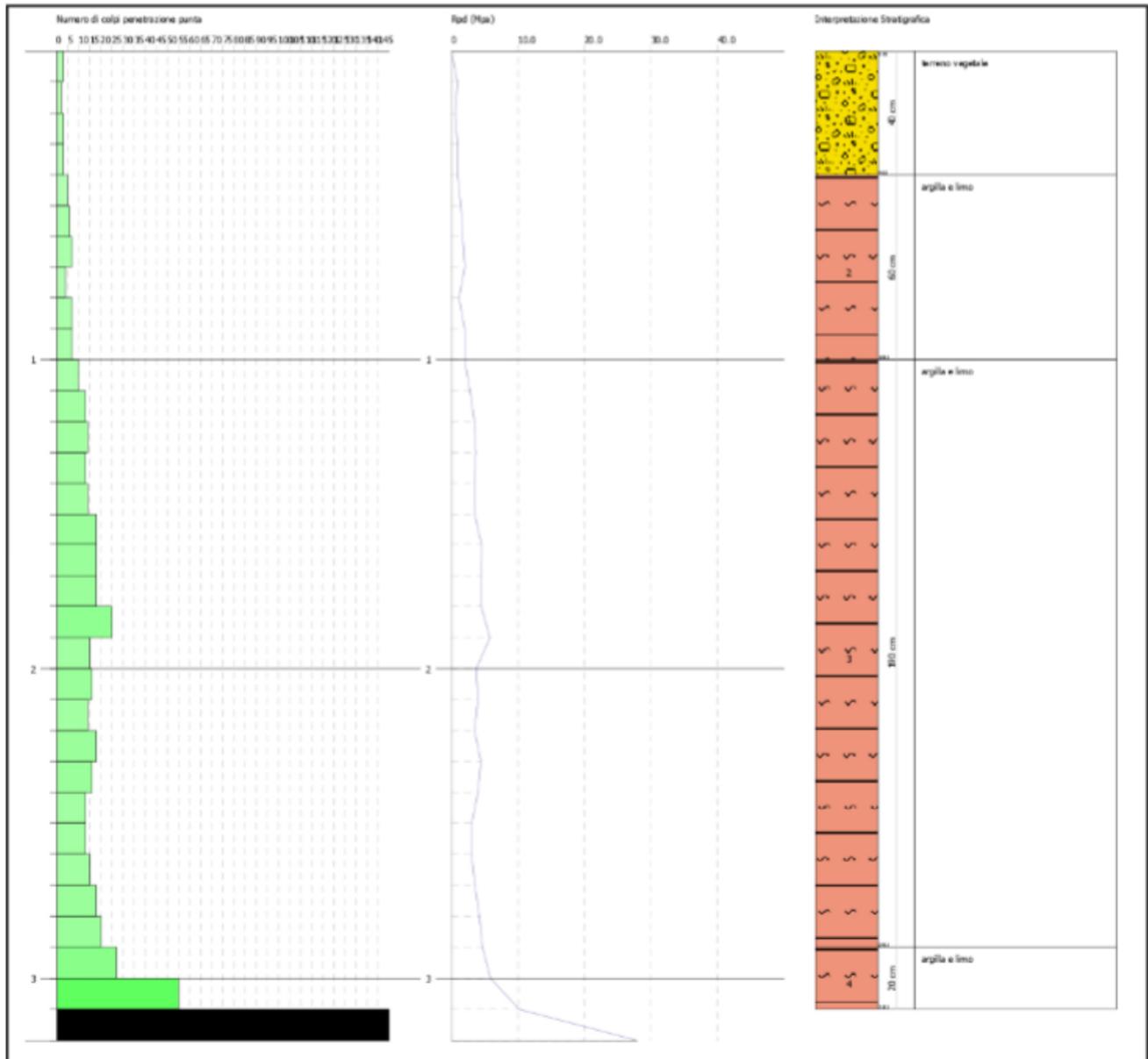
E0,s: indice dei vuoti E0 al livello superiore per calcolo cedimenti di consolidazione. Il valore è adimensionale.

E0,i: indice dei vuoti E0 al livello inferiore per calcolo cedimenti di consolidazione. Il valore è adimensionale.

OCR,s: indice di sovraconsolidazione OCR al livello superiore per calcolo cedimenti di consolidazione; 1 per terreno NC. Il valore è adimensionale.

OCR,i: indice di sovraconsolidazione OCR al livello inferiore per calcolo cedimenti di consolidazione; 1 per terreno NC. Il valore è adimensionale.

Terreno	Sp.	Liqf	Kor,i	Kor,s	Kve,i	Kve,s	Eel,s	Eel,i	Eed,s	Eed,i	CC,s	CC,i	CR,s	CR,i	E0,s	E0,i	OCR,s	OCR,i
01-P2-1STR- PEDOLOGICO_ROTELLO	0.4	No	1.0E6	1.0E6	1.0E6	1.0E6	30000	30000	220000	218000	0	0	0	0	0	0	1	1
02-P2-2STR- COESIVO_ROTELLO	1	No	1.0E6	1.0E6	1.0E6	1.0E6	250000	250000	420000	418000	0	0	0	0	0	0	1	1
03-P2-3STR- COESIVO_ROTELLO	1.22	No	1.0E6	1.0E6	1.0E6	1.0E6	1.2E6	1.2E6	1.2E6	1.2E6	0	0	0	0	0	0	1	1
04-P2-4STR- COESIVO_ROTELLO	3	No	1.0E6	1.0E6	1.0E6	1.0E6	3.3E6	3.3E6	3.1E6	3.1E6	0	0	0	0	0	0	1	1



Nome attribuito al sondaggio: **03-ROTELLO_P3**

Coordinate planimetriche del sondaggio nel sistema globale scelto: 2000, 10

Quota della sommità del sondaggio (P.C.) nel sistema globale scelto: 0

I valori sono espressi in m

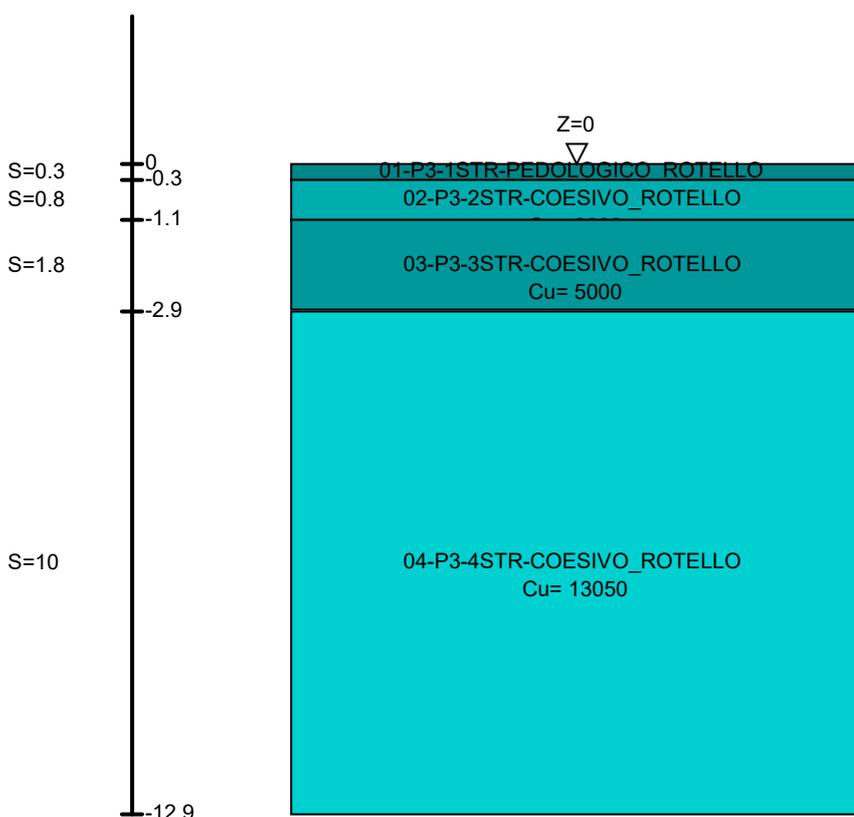


Immagine: 03-ROTELLO_P3

6.1.1.3 Stratigrafie 03-ROTELLO_P3

Terreno: terreno mediamente uniforme presente nello strato.

Sp.: spessore dello strato. [m]

Liqf: indica se considerare lo strato come liquefacibile nelle combinazioni sismiche. Con 'Da verifica' viene considerato quanto risulta dalla verifica condotta a fine calcolo solutore.

Kor,i: coefficiente K orizzontale al livello inferiore dello strato per modellazione palo. [daN/m³]

Kor,s: coefficiente K orizzontale al livello superiore dello strato per modellazione palo. [daN/m³]

Kve,i: coefficiente K verticale al livello inferiore dello strato per modellazione palo. [daN/m³]

Kve,s: coefficiente K verticale al livello superiore dello strato per modellazione palo. [daN/m³]

Eel,s: modulo elastico al livello superiore dello strato per calcolo cedimenti istantanei; 0 per non calcolarli. [daN/m²]

Eel,i: modulo elastico al livello inferiore dello strato per calcolo cedimenti istantanei; 0 per non calcolarli. [daN/m²]

Eed,s: modulo edometrico al livello superiore per calcolo cedimenti complessivi; 0 per non calcolarli. [daN/m²]

Eed,i: modulo edometrico al livello inferiore per calcolo cedimenti complessivi; 0 per non calcolarli. [daN/m²]

CC,s: coefficiente di compressione vergine CC al livello superiore per calcolo cedimenti di consolidazione; 0 per non calcolarli. Il valore è adimensionale.

CC,i: coefficiente di compressione vergine CC al livello inferiore per calcolo cedimenti di consolidazione; 0 per non calcolarli. Il valore è adimensionale.

CR,s: coefficiente di ricomprensione CR al livello superiore per calcolo cedimenti di consolidazione; 0 per non calcolarli. Il valore è adimensionale.

CR,i: coefficiente di ricomprensione CR al livello inferiore per calcolo cedimenti di consolidazione; 0 per non calcolarli. Il valore è adimensionale.

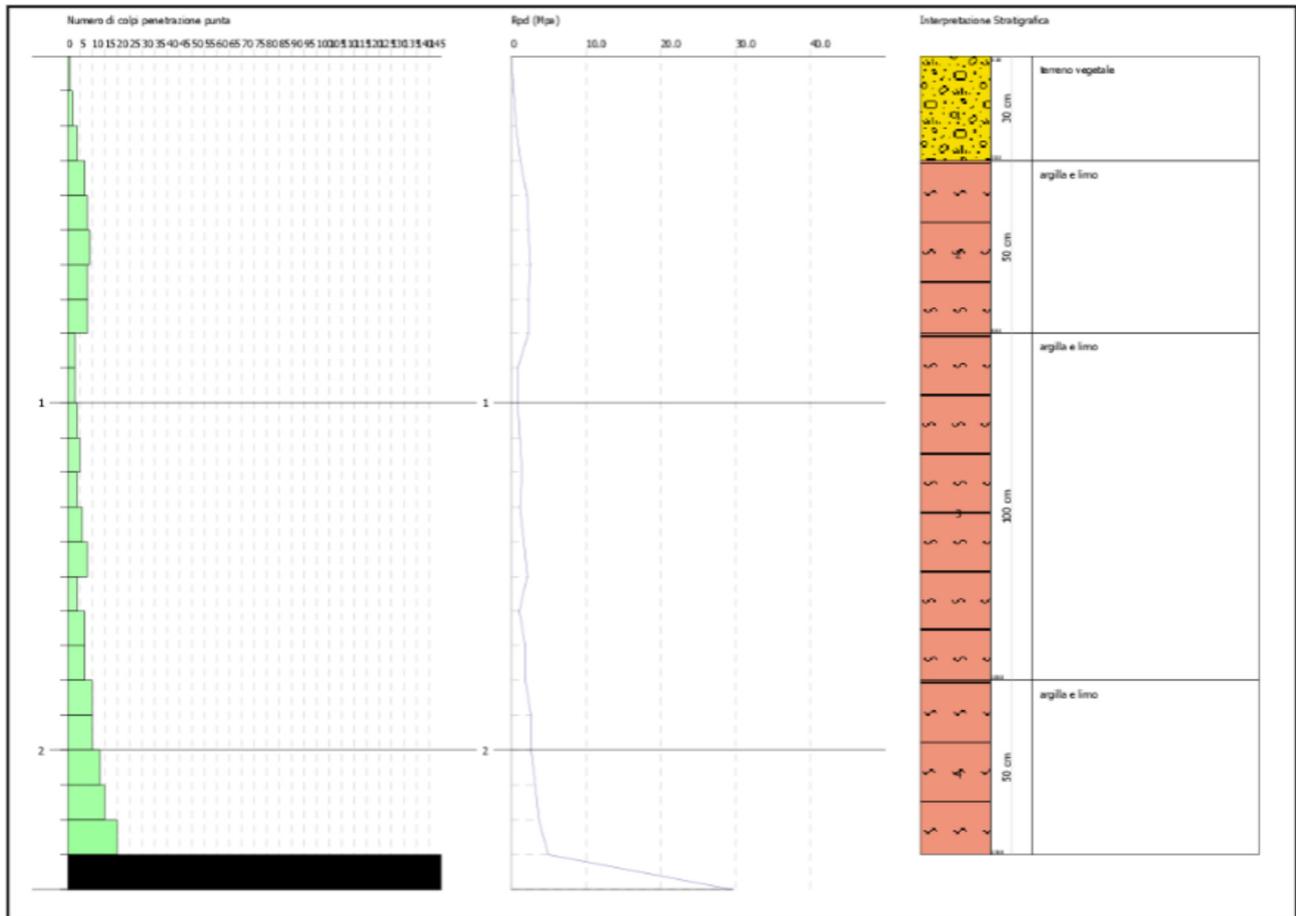
E0,s: indice dei vuoti E0 al livello superiore per calcolo cedimenti di consolidazione. Il valore è adimensionale.

E0,i: indice dei vuoti E0 al livello inferiore per calcolo cedimenti di consolidazione. Il valore è adimensionale.

OCR,s: indice di sovraconsolidazione OCR al livello superiore per calcolo cedimenti di consolidazione; 1 per terreno NC. Il valore è adimensionale.

OCR,i: indice di sovraconsolidazione OCR al livello inferiore per calcolo cedimenti di consolidazione; 1 per terreno NC. Il valore è adimensionale.

Terreno	Sp.	Liqf	Kor,i	Kor,s	Kve,i	Kve,s	Eel,s	Eel,i	Eed,s	Eed,i	CC,s	CC,i	CR,s	CR,i	E0,s	E0,i	OCR,s	OCR,i
01-P3-1STR- PEDOLOGICO_ROTELLO	0.3	No	1.0E6	1.0E6	1.0E6	1.0E6	100000	100000	120000	118000	0	0	0	0	0	0	1	1
02-P3-2STR- COESIVO_ROTELLO	0.8	No	1.0E6	1.0E6	1.0E6	1.0E6	480000	480000	620000	618000	0	0	0	0	0	0	1	1
03-P3-3STR- COESIVO_ROTELLO	1.8	No	1.0E6	1.0E6	1.0E6	1.0E6	138000	138000	310000	310000	0	0	0	0	0	0	1	1
04-P3-4STR- COESIVO_ROTELLO	10	No	1.0E6	1.0E6	1.0E6	1.0E6	928000	928000	1.0E6	1.0E6	0	0	0	0	0	0	1	1



7 MODELLAZIONE DEL SOTTOSUOLO E METODI DI ANALISI E DI VERIFICA

7.1 Generalità

Modellazione del sottosuolo e metodi di analisi e di verifica: contiene la descrizione del modello di calcolo adottato per il suolo, con i relativi parametri di modellazione; sono indicati anche gli eventuali metodi adottati per ricavare i parametri di modellazione ed i metodi e le condizioni con cui sono condotte le verifiche geotecniche.

7.2 Modello di fondazione

Il palo di fondazione è stato modellato tramite il frazionamento in più aste verticali. Nei nodi di suddivisione vengono posizionate molle assial-simmetriche elastiche denominate FLAT, che riproducono l'interazione con il terreno lungo la superficie laterale del palo. L'elemento finito denominato FLAT possiede 3 gradi di libertà, ovvero spostamento lungo l'asse del palo (verticale), spostamento planare (orizzontale), rotazione attorno all'asse (torcente). Il comportamento elastico degli elementi FLAT è dato dalle costanti elastiche orizzontali, verticali e rotazionali. Esse sono calcolate a partire dalle costanti elastiche orizzontali e verticali caratteristiche di ogni strato di terreno che compone la stratigrafia nella quale il palo è immerso. In punta al palo, in aggiunta all'elemento FLAT, viene inserita una molla elastica verticale le cui caratteristiche sono ricavate dai dati di input del palo o dalla stratigrafia.

7.2.1 Verifica di scorrimento

La verifica di scorrimento della fondazione superficiale viene eseguita considerando le caratteristiche del terreno immediatamente sottostante al piano di posa della fondazione, ricavato in base alla stratigrafia associata all'elemento, e trascurando, a favore di sicurezza, l'eventuale spinta passiva laterale.

Qualora l'elemento in verifica sia formato da parti non omogenee tra loro, ad esempio una travata in cui le singole travi di fondazione siano associate ad un differente sondaggio, verranno condotte verifiche geotecniche distinte sui singoli tratti.

Lo scorrimento di una fondazione avviene nel momento in cui le componenti delle forze parallele al piano di contatto tra fondazione e terreno vincono l'attrito e la coesione terreno-fondazione e, qualora fosse presente, la spinta passiva laterale.

Il coefficiente di sicurezza a scorrimento si ottiene dal rapporto tra le forze stabilizzanti di progetto (R_d) e quelle instabilizzanti (E_d):

$$R_d = (N \cdot \tan(\varphi) + c_a \cdot B \cdot L + \alpha \cdot S_p) / \gamma_{Rs}$$

$$E_d = \sqrt{T_x^2 + T_y^2}$$

dove:

N = risultante delle forze normali al piano di scorrimento;

T_x, T_y = componenti delle forze tangenziali al piano di scorrimento;
 tan(phi) = coefficiente di attrito terreno-fondazione;
 c_a = aderenza alla base, pari alla coesione del terreno di fondazione o ad una sua frazione;
 B, L = dimensioni della fondazione;
 alpha = fattore di riduzione della spinta passiva;
 S_p = spinta passiva dell'eventuale terreno laterale;
 gamma_{rs} = fattore di sicurezza parziale per lo scorrimento;

Le normative prevedono che il fattore di sicurezza a scorrimento $FS=R_d/E_d$ sia non minore di un prefissato limite.

7.2.2 Verifica di capacità portante

La verifica di capacità portante della fondazione superficiale viene eseguita mediante formulazioni di letteratura geotecnica considerando le caratteristiche dei terreni sottostanti al piano di posa della fondazione, ricavati in base alla stratigrafia associata all'elemento.

Qualora l'elemento in verifica sia formato da parti non omogenee tra loro, ad esempio una travata in cui le singole travi di fondazione siano associate ad un differente sondaggio, verranno condotte verifiche geotecniche distinte sui singoli tratti.

La verifica viene fatta raffrontando la portanza di progetto (R_d) con la sollecitazione di progetto (E_d); la prima deriva dalla portanza calcolata con metodi della letteratura geotecnica, ridotta da opportuni fattori di sicurezza parziali; la seconda viene valutata ricavando la risultante della sollecitazione scaricata al suolo con una integrazione delle pressioni nel tratto di calcolo. Le normative prevedono che il fattore di sicurezza alla capacità portante, espresso come rapporto tra il carico ultimo di progetto della fondazione (R_d) ed il carico agente (E_d), sia non minore di un prefissato limite.

La portanza di una fondazione rappresenta il carico ultimo trasmissibile al suolo prima di arrivare alla rottura del terreno. Le formule di calcolo presenti in letteratura sono nate per la fondazione nastriforme indefinita ma aggiungono una serie di termini correttivi per considerare le effettive condizioni al contorno della fondazione, esprimendo la capacità portante ultima in termini di pressione limite agente su di una fondazione equivalente soggetta a carico centrato.

La determinazione della capacità portante ai fini della verifica è stata condotta secondo il metodo di EC7, che viene descritto nei paragrafi successivi.

7.2.3 Berenzantzev

La formulazione di Terzaghi è stata pensata per fondazioni nastriformi di lunghezza indefinita con le fondazioni su pali il carico è trasmesso al terreno per attrito e/o adesione laterale lungo il fusto ed in parte per pressione al di sotto della punta. La scelta di optare per la fondazione su pali è dovuta alla presenza di terreni a scarse caratteristiche geotecniche (in relazione alla capacità portante ed alla deformabilità) in superficie.

Si è definito il tipo di palo da usare sulla base di:

- natura e caratteristiche meccaniche dei terreni;
- modifiche provocate nel terreno dalla costruzione del palo;
- attrezzature disponibili;
- effetti prodotti dal metodo di costruzione del palo su manufatti adiacenti;

- caratteristiche di resistenza e durezza del materiale impiegato.

La stima della capacità portante per carico verticale con formule statiche è ottenuta valutando i valori massimi della resistenza laterale e quella alla punta. Si fanno le seguenti ipotesi:

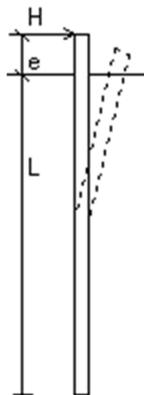
- il carico limite del sistema palo-terreno è condizionato dalla resistenza del terreno e non a quella del palo;
- Contributo resistenza in punta trascurato
- il palo è un corpo cilindrico rigido;
- i termini di capacità portante per attrito e/o aderenza laterale e di capacità portante di punta non si influenzano reciprocamente e possono essere determinati separatamente.

7.2.4 Verifica di capacità portante orizzontale - Broms

Broms assume che il comportamento dell'interfaccia palo-terreno sia di tipo rigido perfettamente plastico e cioè che la resistenza del terreno si mobiliti interamente per un qualsiasi valore non nullo dello spostamento, e rimanga poi costante al crescere dello spostamento stesso. Broms caratterizza anche il comportamento flessionale del palo con un comportamento di tipo rigido perfettamente plastico, e cioè assume che le rotazioni elastiche del palo siano trascurabili finché il momento flettente non attinge il valore di plasticizzazione. A questo punto si forma nella sezione una cerniera plastica. Ai fini dell'analisi Broms adotta un diagramma semplificato con reazione nulla fino profondità $1,5d$ e reazione costante con la profondità, mentre per un terreno incoerente la reazione del terreno varia linearmente con la profondità.

NOTA: Tipologia di meccanismo assumibile:

7.2.4.1 PALO LIBERO DI RUOTARE IN TESTA



7.2.4.2 Influenza degli strati sulla capacità portante

Le formulazioni utilizzate per la portanza prevedono la presenza di uno stesso terreno nella zona interessata dalla potenziale rottura. In prima approssimazione lo spessore di tale zona è pari a:

$$H = \frac{1}{2} \cdot B \cdot \tan(45^\circ + \phi / 2)$$

In presenza di stratificazioni di terreni diversi all'interno di tale zona, il calcolo diventa più complesso; non esiste una metodologia univoca per questi casi, differenti autori hanno proposto soluzioni diverse a seconda dei casi che si possono presentare. In prima approssimazione, nel caso di stratificazioni,

viene trovata una media delle caratteristiche dei terreni, pesata sullo spessore degli strati interessati. Nel caso in cui il primo strato incontrato sia coesivo viene anche verificato che la compressione media agente sulla fondazione non superi la tensione limite di espulsione, circostanza che provocherebbe il rifluimento del terreno da sotto la fondazione, rendendo impossibile la portanza.

La tensione limite di espulsione qult per terreno coesivo viene calcolata come:

$$q_{ult} = 4c + q$$

dove c è la coesione e q è il sovraccarico agente sul piano di posa.

7.2.4.3 Influenza del sisma sulla capacità portante

La capacità portante nelle combinazioni sismiche viene valutata mediante l'estensione di procedure classiche al caso di azione sismica.

L'**effetto inerziale** prodotto dalla struttura in elevazione sulla fondazione può essere considerato tenendo conto dell'effetto dell'inclinazione (rapporto tra forze T parallele al piano di posa e carico normale N) e dell'eccentricità (rapporto tra momento M e carico normale N) delle azioni in fondazione, e produce variazioni di tutti i coefficienti di capacità portante del carico limite, oltre alla riduzione dell'area efficace.

L'**effetto cinematico** si manifesta per effetto dell'inerzia delle masse del suolo sotto la fondazione come una riduzione della resistenza teorica calcolata in condizioni statiche; tale riduzione è in funzione del coefficiente sismico orizzontale k_h , cioè dell'accelerazione normalizzata massima attesa al suolo, e delle caratteristiche del suolo. L'effetto è più marcato su terreni granulari, mentre nei suoli coesivi è poco rilevante.

Per tener conto nella determinazione del carico limite di tali effetti inerziali vengono introdotti nelle combinazioni sismiche anche i fattori correttivi e (earthquake), valutati secondo **Paolucci e Pecker**:

$$e_q = \left(1 - \frac{k_h}{1g\phi}\right)^{0.35}; \quad e_c = 1 - 0.32 \cdot k_h; \quad e_\gamma = e_q$$

7.3 Verifica di capacità portante pali

La verifica di capacità portante del palo viene eseguita raffrontando la portanza di progetto (Rd) con la sollecitazione di progetto (Ed), valutata come sforzo normale agente alla sommità del palo, compreso il peso proprio del palo. La portanza di progetto (Rd) è pari alla portanza verticale calcolata, mediante una formulazione analitica, divisa per opportuni fattori di sicurezza parziali.

La portanza verticale complessiva calcolata è data dalla somma del contributo laterale+punta, o del solo contributo laterale nel caso di palo in trazione.

7.3.1 Vesic

La **capacità portante laterale** viene calcolata con una formulazione statica, in funzione della coesione e dell'attrito laterale dei terreni incontrati lungo il fusto del palo, valutata nel punto medio di ciascuno strato omogeneo presente. Il valore complessivo laterale è data dalla sommatoria:

$$P_v = \sum_i (\alpha \cdot c + k_0 \cdot p_v \cdot \tan \varphi) \cdot S_i$$

dove si sono indicati con:

- k_0 il coefficiente di spinta a riposo dell'i-esimo terreno della stratigrafia
- $p_v = \sum \gamma_i \cdot h_i$, la pressione litostatica verticale efficace nel punto di calcolo
- $p_o = k_0 \cdot p_v$, la pressione litostatica orizzontale efficace nel punto di calcolo
- c , φ la coesione e l'angolo di attrito interno dell'i-esimo terreno
- α il coefficiente di adesione della coesione all'interfaccia terreno-pali
 - (usualmente tra 0.5÷0.8)
- D il diametro di perforazione del palo
- S_i la superficie laterale dell'i-esimo tratto di calcolo ($\pi \cdot D \cdot h_i$)

7.3.1.1 Formula statiche (condizioni non drenate)

7.3.1.2 capacità portante laterale per pali battuti

in condizioni non drenate si assume che l'adesione sia pari ad un'aliquota α della coesione non drenata e che μ si nullo

$$s = a + \delta h \mu$$

Che con il valore di $\mu = 0$ diviene

$$s = \alpha c_u$$

Dove il valore di α è valutato su base empirica come relazione polinomiale in funzione del valore di c_u e della tipologia di realizzazione del palo, Si allega relativa tabella,

Tabella 1 - Valori di α in funzione di c_u

Tipo di palo	Valori di c_u (kPa)	Valori di α
Battuto	$c_u \leq 25$	1,0
	$25 < c_u < 70$	$1 - 0,011(c_u - 25)$
	$c_u \geq 70$	0,5
Trivellato	$c_u \leq 25$	0,7
	$25 < c_u < 70$	$0,7 - 0,008(c_u - 25)$
	$c_u \geq 70$	0,35

7.3.1.3 correlazioni con i risultati di prove in sito

per le prove SPT si pone in genere:

$$s = \alpha + \beta N \text{ (kPa)}$$

$$p = K N \text{ (kPa)}$$

Tabella 2 - Valori di alfa e Beta

Palo	Terreno	α	β	Note	Fonte
Batuto prefabbricato	Incoerente	0	2		Meyerhof, 1956 Shioi, Fukui, 1982
	Qualsiasi	10	3,3	$3 \leq N \leq 50$ $s \leq 170 \text{ kPa}$	Decourt, 1982
	Coesivo	0	10		Shioi, Fukui, 1982
Battuto gettato in opera	incoerente	30 0	2 5	$s \leq 200 \text{ kPa}$	Yamashita, 1987 Shioi, Fukui, 1982
	Coesivo	0	5	$s \leq 150 \text{ kPa}$	Yamashita, 1987 Shioi, Fukui, 1982
		0	10		
Trivellato	Incoerente	0	1		Findlay, 1984 Shioi, Fukui, 1982
		0	3,3		
	Coesivo	0	5	Per pali in fango $3 \leq N \leq 50$ $s \leq 170 \text{ kPa}$	Decourt, 1982
		10	3,3		

La capacità portante di punta del palo :

In questa tipologia di fondazione profonde si ritiene opportuno trascurare il contributo alla punta,

8 RISULTATI STUDIO FONDAZIONI

Le verifiche nei confronti degli Stati Limite ultimi SLU strutturali (STR) e geotecnici (GEO) sono state effettuate applicando la combinazione (A1+M1+R3) di coefficienti parziali prevista dall'approccio 2:

DA 1.2 - Approccio 2:

- Combinazione 1:(A1+M1+R3)

Le verifiche strutturali delle fondazioni in combinazioni sismiche sono state condotte in campo sostanzialmente elastico.

Le verifiche saranno condotte tenendo conto dell'assenza di falda per effetto dei sistemi di mitigazione delle potenziali liquefazioni indicate.

I seguenti valori sono a carattere preliminare e da reinterprete su una campagna di sondaggio più estesa e puntuale:

8.1 FONDAZIONI PROFONDE

8.1.1 Capacità portante verticale ROTELLO Nord

8.1.1.1 PD_DL30_1

Verifica di capacità portante verticale riferita al palo singolo

Fattore di correlazione ψ scelto in base alla conoscenza del sito = 1.65

Peso del palo = $L * 0.151 \text{ (kN)} * 1.3$

Il calcolo sarà eseguito secondo l'approccio n. 2.

Coefficiente parziale per angolo resistenza a taglio:	1
Coefficiente parziale per coesione:	1
Coefficiente parziale per resistenza non drenata:	1
Coefficiente parziale per resistenza base pali infissi:	1.15
Coefficiente parziale per resistenza lat. pali infissi:	1.15
Coefficiente parziale per resistenza base pali trivellati:	1.35
Coefficiente parziale per resistenza lat. pali trivellati:	1.15

8.1.2 EC7

Lunghezza palo = 2,75 m;

Peso del palo = $L * 0.151 \text{ (kN)} * 1.3$

Verifica di capacità portante verticale riferita al palo singolo

Fattore di correlazione ψ scelto in base alla conoscenza del sito = 1.65

Filo	Ind.	Xp	Yp	γ_R laterale	γ_R punta	Pl,d	Pp,d	Def.vol	Comb.	Cnd	N	Ed	Rd	C.S.
1	-	-307.35	-5.84	1.15	1.15	7028	0		SLU 17	BT	-163	-226	7028	31.12
2	-	-157.35	-5.84	1.15	1.15	7028	0		SLU 20	BT	-627	-689	7028	10.19
3	-	-7.35	-5.84	1.15	1.15	7028	0		SLU 20	BT	-661	-723	7028	9.72
4	-	142.65	-5.84	1.15	1.15	828	0		SLU 20	LT	-695	-757	828	1.09
5	-	292.65	-5.84	1.15	1.15	7028	0		SLU 17	BT	-75	-138	7028	50.99

Rd= 8,28 kN

Rd= 0,844 t

8.1.3 Correlazioni con i risultati di prove in sito

Ab = 0,484 m;

Lunghezza palo = 2,75 m;

N= 13;

Alfa = 0;

Beta =10;

s= 130 kPa

QI=130*2,75*0,484 = 173.03 kN

Peso palo = 0,565 kN

Rk = 17,58 t

Rd= 9,26 t

8.1.4 Verifica di capacità portante orizzontale ROTELLO Nord

8.1.5 PD_DL30_1

8.1.5.1 BROMS

8.1.5.2 DATI DI CALCOLO

Il calcolo sarà eseguito secondo l'approccio

n.2.

Coefficiente parziale per angolo resistenza a taglio:

1,00

Coefficiente parziale per coesione:

1,00

Coefficiente parziale per resistenza non drenata:

1,00

Coefficiente parziale per resistenza di palo soggetto a carico trasversale: 1,15

Diametro del palo

m. 0,16

Lunghezza del palo

m. 2,75

Momento di plasticizzazione della sezione del palo:

kgm 2770

Palo libero di ruotare in testa Terreno coesivo

Fattore di correlazione ψ scelto in base alla conoscenza del sito =

1.65

8.1.5.3 RISULTATI DI CALCOLO

Valore della coesione = kg/mq 5380,000 (52.76 kPA)

Nuovo valore della coesione = kg/mq 5380,000

Meccanismo di palo corto:

H = kg 4130,64

Mmax = kg 7260,38

Si passa al meccanismo di palo lungo:

Valore limite H della forza orizzontale = kg 1733,43

Momento massimo a cui è soggetta la sezione = kgm 2770,00 (mom. di plasticizzazione)

agente alla profondità z = m. 0,46

La distanza f è data da m. 0,23

Meccanismo di rottura: palo lungo

Valore limite H: kg 1733,43 = t 1,73

e rappresenta il valore caratteristico della resistenza orizzontale.
Va corretto con coefficiente parziale per diventare resistenza di calcolo.
Resistenza di calcolo orizzontale = kg 886,66

Rd= 8,69 kN

Rd =0,8867 t

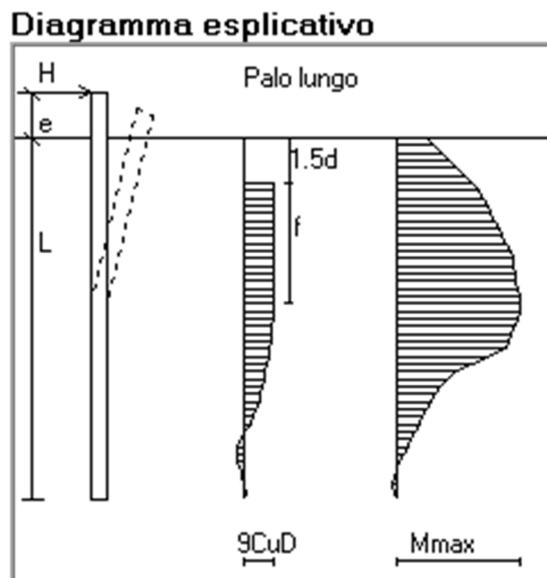


Figura 7 - Condizione di rottura : palo lungo

8.1.6 Verifica di capacità portante verticale ROTELLO Sud

8.1.7 PD_DL30_2

Verifica di capacità portante verticale riferita al palo singolo

Fattore di correlazione ψ scelto in base alla conoscenza del sito = 1.7

Peso del palo = $L * 0.151 \text{ (kN)} * 1.3$

Il calcolo sarà eseguito secondo l'approccio n. 2.

Coefficiente parziale per angolo resistenza a taglio:	1
Coefficiente parziale per coesione:	1
Coefficiente parziale per resistenza non drenata:	1
Coefficiente parziale per resistenza base pali infissi:	1.15
Coefficiente parziale per resistenza lat. pali infissi:	1.15
Coefficiente parziale per resistenza base pali trivellati:	1.35
Coefficiente parziale per resistenza lat. pali trivellati:	1.15

8.1.8 EC7

Lunghezza palo = 4,0 m;

Peso del palo = $L * 0.151 \text{ (kN)} * 1.3$

Fattore di correlazione ψ scelto in base alla conoscenza del sito = 1.65

Filo	Ind.	Xp	Yp	γ_R laterale	γ_R punta	Pl,d	Pp,d	Def.vol	Comb.	Cnd	N	Ed	Rd	C.S.
1	-	-307.35	-5.84	1.15	1.15	5397	0		SLU 17	BT	-163	-225	5397	23.97
2	-	-157.35	-5.84	1.15	1.15	5397	0		SLU 20	BT	-634	-697	5397	7.75
3	-	-7.35	-5.84	1.15	1.15	5397	0		SLU 20	BT	-659	-721	5397	7.48
4	-	142.65	-5.84	1.15	1.15	5397	0		SLU 20	BT	-698	-760	5397	7.1
5	-	292.65	-5.84	1.15	1.15	5397	0		SLU 17	BT	-73	-136	5397	39.74

Rd= 53,97 kN

Rd= 5.50 t

8.1.9 Correlazioni con i risultati di prove in sito

Ab = 0,484 m;

Lunghezza palo = 2,75 m;

N= 15;

Alfa = 0;

Beta =15;

s= 150 kPa

Ql=150*2,75*0,484 = 199.65 kN

Peso palo = 0,565 kN

Rk = 20,30 t

Rd= 10,38 t

8.1.10 Verifica di capacità portante orizzontale ROTELLO Sud

8.1.11 PD_DL30_2

8.1.11.1 BROMS

8.1.11.2 DATI DI CALCOLO

Il calcolo sarà eseguito secondo l'approccio

n. 2.

Coefficiente parziale per angolo resistenza a taglio:

1,00

Coefficiente parziale per coesione:

1,00

Coefficiente parziale per resistenza non drenata:

1,00

Coefficiente parziale per resistenza di palo soggetto a carico trasversale:

1,15

Diametro del palo m. 0,16 Lunghezza del palo

m. 2,75

Momento di plasticizzazione della sezione del palo:

kgm 2770

Palo libero di ruotare in testa Terreno coesivo

Fattore di correlazione ψ scelto in base alla conoscenza del sito =

1.65

8.1.11.3 RISULTATI DI CALCOLO

Valore della coesione = kg/mq 6031,000 (60,31 kPa)

Nuovo valore della coesione = kg/mq 6031,000

Meccanismo di palo corto:

$H = \text{kg } 4630,46$

$M_{\text{max}} = \text{kg } 8138,91$

Si passa al meccanismo di palo lungo:

Valore limite H della forza orizzontale = $\text{kg } 1746,23$

Momento massimo a cui è soggetta la sezione = $\text{kgm } 2770,00$ (mom. di plasticizzazione)

agente alla profondità $z = \text{m. } 0,44$

La distanza f è data da $\text{m. } 0,21$

Meccanismo di rottura: palo lungo

Valore limite H : $\text{kg } 1746,23 = \text{t } 1,75$

e rappresenta il valore caratteristico della resistenza orizzontale.

Va corretto con coefficiente parziale per diventare resistenza di calcolo.

Resistenza di calcolo orizzontale = $\text{kg } 1343,25$

$R_d = 9,44 \text{ kN}$

$R_d = 0,962 \text{ t}$

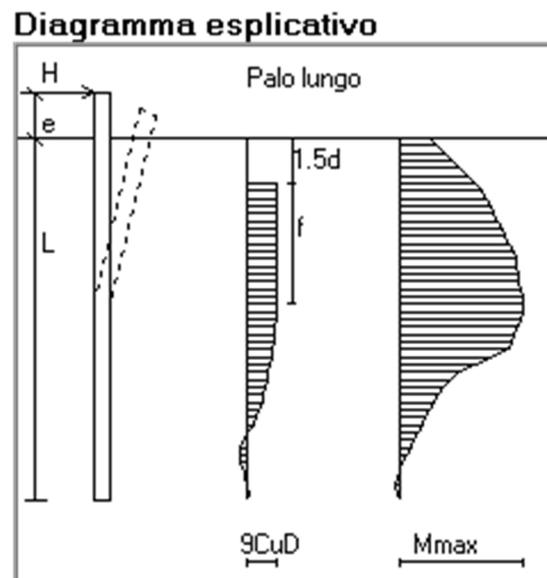


Figura 8 - Condizione di rottura : palo lungo

8.2 Verifica di capacità portante verticale ROTELLO Sud

8.2.1 PD_DL30_3

Verifica di capacità portante verticale riferita al palo singolo

Fattore di correlazione ψ scelto in base alla conoscenza del sito = 1.7

Peso del palo = $L * 0.151 \text{ (kN)} * 1.3$

Il calcolo sarà eseguito secondo l'approccio n. 2.

Coefficiente parziale per angolo resistenza a taglio:	1
Coefficiente parziale per coesione:	1
Coefficiente parziale per resistenza non drenata:	1
Coefficiente parziale per resistenza base pali infissi:	1.15
Coefficiente parziale per resistenza lat. pali infissi:	1.15
Coefficiente parziale per resistenza base pali trivellati:	1.35

Coefficiente parziale per resistenza lat. pali trivellati:

1.15

8.2.2 EC7

Lunghezza palo = 4,0 m;

Peso del palo = $L * 0.151 \text{ (kN)} * 1.3$

Fattore di correlazione ψ scelto in base alla conoscenza del sito = 1.65

Filo	Ind.	Xp	Yp	γ_R laterale	γ_R punta	Pl,d	Pp,d	Def.vol	Comb.	Cnd	N	Ed	Rd	C.S.
1	-	-307.35	-5.84	1.15	1.15	2709	0		SLU 17	BT	-164	-227	2709	11.95
2	-	-157.35	-5.84	1.15	1.15	2709	0		SLU 20	BT	-621	-683	2709	3.96
3	-	-7.35	-5.84	1.15	1.15	2709	0		SLU 20	BT	-665	-728	2709	3.72
4	-	142.65	-5.84	1.15	1.15	2709	0		SLU 20	BT	-691	-753	2709	3.6
5	-	292.65	-5.84	1.15	1.15	2709	0		SLU 17	BT	-77	-140	2709	19.38

Rd= 27,09 kN

Rd =2,718 t

8.2.3 Correlazioni con i risultati di prove in sito

Ab = 0,484 m;

Lunghezza palo = 2,75 m;

N= 20;

Alfa = 0;

Beta =15;

s= 170 kPa (massima accettabile)

Ql=170*2,75*0,484 = 199.65 kN

Peso palo = 0,565 kN

Rk = 23,07 t

Rd= 11,80 t

8.3 Verifica di capacità portante orizzontale ROTELLO Sud

8.3.1 PD_DL30_3

8.3.1.1 BROMS

8.3.1.2 DATI DI CALCOLO

Il calcolo sarà eseguito secondo l'approccio	n. 2.
Coefficiente parziale per angolo resistenza a taglio:	1,00
Coefficiente parziale per coesione:	1,00
Coefficiente parziale per resistenza non drenata:	1,00
Coefficiente parziale per resistenza di palo soggetto a carico trasversale:	1,15
Diametro del palo m. 0,16 Lunghezza del palo	m. 2,75

Momento di plasticizzazione della sezione del palo:	kgm 2770
Palo libero di ruotare in testa Terreno coesivo	
Fattore di correlazione ψ scelto in base alla conoscenza del sito =	1.65

8.3.1.3 RISULTATI DI CALCOLO

Valore della coesione = kg/mq 5011,000 (50,11kPA)

Nuovo valore della coesione = kg/mq 5011,000

Meccanismo di palo corto:

$H = \text{kg } 3847,33$

$M_{\text{max}} = \text{kg } 6762,41$

Si passa al meccanismo di palo lungo:

Valore limite H della forza orizzontale = kg 1724,91

Momento massimo a cui è soggetta la sezione = kgm 2770,00 (mom. di plasticizzazione)

agente alla profondità $z = \text{m. } 0,48$

La distanza f è data da m. 0,25

Meccanismo di rottura: palo lungo

Valore limite H : kg 1724,91 = t 1,72

e rappresenta il valore caratteristico della resistenza orizzontale.

Va corretto con coefficiente parziale per diventare resistenza di calcolo.

Resistenza di calcolo orizzontale = kg 1343,25

Rd= 6,85 kN

Rd= 0,69 t

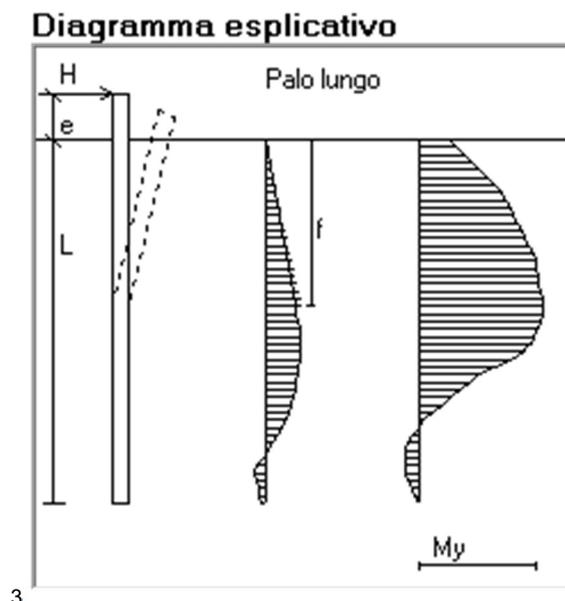
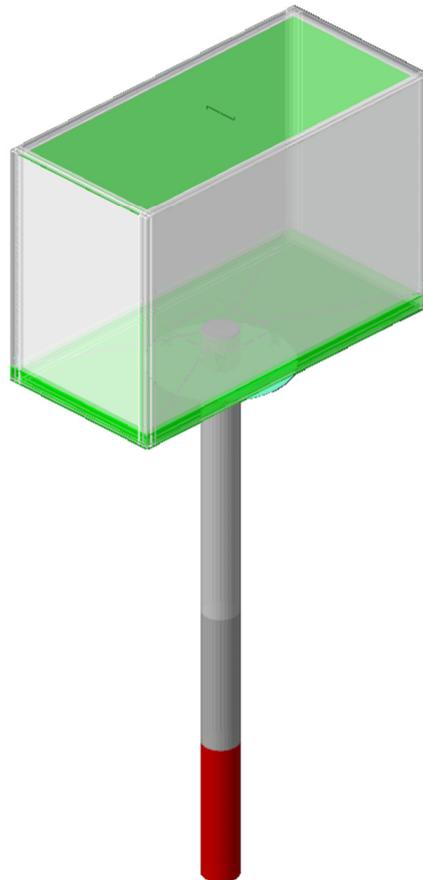


Figura 9 - Condizione di rottura : palo lungo

9 10 FONDAZIONI SUPERFICIALI

9.1 Premessa

Nel seguente documento si riportano i risultati geotecnici inerenti le fondazione superficiali per l'installazione di cabine elettriche mt/bt, control room: secondo gli indicazione costruttive e carichi tipologici dati dalla norma cei 78-17



9.2 Tipologia di fondazione

Nella modellazione si è considerata la presenza di fondazioni superficiali, schematizzando il suolo con un letto di molle elastiche di assegnata rigidezza. In direzione orizzontale si è considerata una rigidezza pari a 0.5 volte quella verticale, includendo nella determinazione delle azioni anche il peso sismico delle fondazioni.

I valori di default dei parametri di modellazione del suolo, cioè quelli adottati dove non diversamente specificato, sono i seguenti:, includendo nella determinazione delle azioni anche il peso sismico delle fondazioni.

Coefficiente di sottofondo verticale per fondazioni superficiali (default)	3000000	[daN/m ³]
K punta palo (default)	4000000	[daN/m ³]
Pressione limite punta palo (default)	100000	[daN/m ²]

Per elementi nei quali si sono valutati i parametri geotecnici in funzione della stratigrafia sottostante si sono adottate le seguenti formulazioni di letteratura:

Metodo di calcolo della K verticale	Vesic
Metodo di calcolo della capacità portante	EC7
Metodo di calcolo della pressione limite punta palo	Vesic

La resistenza limite offerta dai pali in direzione orizzontale e verticale è funzione dell'attrito e della coesione che si può sviluppare all'interfaccia con il terreno. Oltre ai dati del suolo, descritti nelle seguenti stratigrafie, hanno influenza anche i seguenti parametri:

Coefficiente di sicurezza per carico limite (fondazioni superficiali)	2.3
Coefficiente di sicurezza per scorrimento (fondazioni superficiali)	1.10
Coefficiente di sicurezza portanza verticale pali infissi, punta	1.15
Coefficiente di sicurezza portanza verticale pali infissi, laterale compressione	1.15
Coefficiente di sicurezza portanza verticale pali infissi, laterale trazione	1.25
Coefficiente di sicurezza portanza verticale pali trivellati, punta	1.35
Coefficiente di sicurezza portanza verticale pali trivellati, laterale compressione	1.15
Coefficiente di sicurezza portanza verticale pali trivellati, laterale trazione	1.25
Coefficiente di sicurezza portanza verticale micropali, punta	1.35
Coefficiente di sicurezza portanza verticale micropali, laterale compressione	1.15
Coefficiente di sicurezza portanza verticale micropali, laterale trazione	1.25
Fattore di correlazione resistenza caratteristica dei pali in base alle verticali indagate	1.65

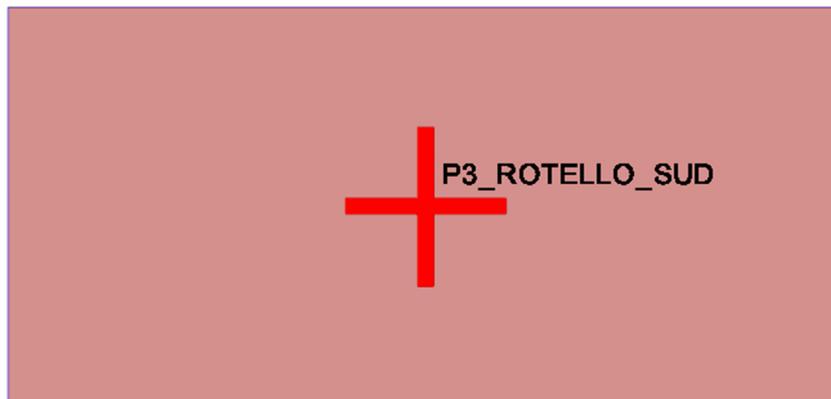


Figura 10 - CASO PEGGGIORE tra P1 e P3

9.2.1 Stratigrafie

Terreno: terreno mediamente uniforme presente nello strato.

Sp.: spessore dello strato. [m]

Liqf: indica se considerare lo strato come liquefacibile nelle combinazioni sismiche. Con 'Da verifica' viene considerato quanto risulta dalla verifica condotta a fine calcolo solutore.

Kor,i: coefficiente K orizzontale al livello inferiore dello strato per modellazione palo. [daN/m³]

Kor,s: coefficiente K orizzontale al livello superiore dello strato per modellazione palo. [daN/m³]

Kve,i: coefficiente K verticale al livello inferiore dello strato per modellazione palo. [daN/m³]

Kve,s: coefficiente K verticale al livello superiore dello strato per modellazione palo. [daN/m³]

Eel,s: modulo elastico al livello superiore dello strato per calcolo cedimenti istantanei; 0 per non calcolarli. [daN/m²]

Eel,i: modulo elastico al livello inferiore dello strato per calcolo cedimenti istantanei; 0 per non calcolarli. [daN/m²]

Eed,s: modulo edometrico al livello superiore per calcolo cedimenti complessivi; 0 per non calcolarli. [daN/m²]

Eed,i: modulo edometrico al livello inferiore per calcolo cedimenti complessivi; 0 per non calcolarli. [daN/m²]

CC,s: coefficiente di compressione vergine CC al livello superiore per calcolo cedimenti di consolidazione; 0 per non calcolarli. Il valore è adimensionale.

CC,i: coefficiente di compressione vergine CC al livello inferiore per calcolo cedimenti di consolidazione; 0 per non calcolarli. Il valore è adimensionale.

CR,s: coefficiente di ricomprensione CR al livello superiore per calcolo cedimenti di consolidazione; 0 per non calcolarli. Il valore è adimensionale.

CR,i: coefficiente di ricomprensione CR al livello inferiore per calcolo cedimenti di consolidazione; 0 per non calcolarli. Il valore è adimensionale.

E0,s: indice dei vuoti E0 al livello superiore per calcolo cedimenti di consolidazione. Il valore è adimensionale.

E0,i: indice dei vuoti E0 al livello inferiore per calcolo cedimenti di consolidazione. Il valore è adimensionale.

OCR,s: indice di sovraconsolidazione OCR al livello superiore per calcolo cedimenti di consolidazione; 1 per terreno NC. Il valore è adimensionale.

OCR,i: indice di sovraconsolidazione OCR al livello inferiore per calcolo cedimenti di consolidazione; 1 per terreno NC. Il valore è adimensionale.

Terreno	Sp.	Liqf	Kor,i	Kor,s	Kve,i	Kve,s	Eel,s	Eel,i	Eed,s	Eed,i	CC,s	CC,i	CR,s	CR,i	E0,s	E0,i	OCR,s	OCR,i
01-P1-1STR- PEDOLOGICO_ROTELLO	0.2	No	1.0E6	1.0E6	1.0E6	1.7E6	100000	100000	80000	80000	0	0	0	0	0	0	1	1
02-P1-2STR- COESIVO_ROTELLO	0.7	No	1.0E6	1.0E6	1.0E6	1.0E6	138000	138000	320000	320000	0	0	0	0	0	0	1	1
03-P1-3STR- COESIVO_ROTELLO	1	No	1.0E6	1.0E6	1.0E6	1.0E6	1.5E6	1.5E6	1.5E6	1.5E6	0	0	0	0	0	0	1	1
03-P1-3STR- COESIVO_ROTELLO	2	No	1.0E6	1.0E6	1.0E6	1.0E6	1.5E6	1.5E6	1.5E6	1.5E6	0	0	0	0	0	0	1	1

Terreno	Sp.	Liqf	Kor,i	Kor,s	Kve,i	Kve,s	Eel,s	Eel,i	Eed,s	Eed,i	CC,s	CC,i	CR,s	CR,i	E0,s	E0,i	OCR,s	OCR,i
01-P3-1STR- PEDOLOGICO_ROTELLO	0.3	No	1.0E6	1.0E6	1.0E6	1.0E6	100000	100000	120000	118000	0	0	0	0	0	0	1	1
02-P3-2STR- COESIVO_ROTELLO	0.8	No	1.0E6	1.0E6	1.0E6	1.0E6	480000	480000	620000	620000	0	0	0	0	0	0	1	1
03-P3-3STR- COESIVO_ROTELLO	1.8	No	1.0E6	1.0E6	1.0E6	1.0E6	138000	138000	320000	320000	0	0	0	0	0	0	1	1

Terreno	Sp.	Liqf	Kor,i	Kor,s	Kve,i	Kve,s	Eel,s	Eel,i	Eed,s	Eed,i	CC,s	CC,i	CR,s	CR,i	E0,s	E0,i	OCR,s	OCR,i
04-P3-4STR-COESIVO_ROTELLO	2.3	No	1.0E6	1.0E6	1.0E6	1.0E6	928000	928000	1.0E6	1.0E6	0	0	0	0	0	0	1	1

9.2.2 Terreni

Descrizione: descrizione o nome assegnato all'elemento.

Natura geologica: natura geologica del terreno (granulare, coesivo, roccia).

Coesione (c'): coesione efficace del terreno. [daN/m²]

Coesione non drenata (Cu): coesione non drenata (Cu), per terreni eminentemente coesivi (argille). [daN/m²]

Angolo di attrito interno φ: angolo di attrito interno del terreno. [deg]

Angolo di attrito di interfaccia δ: angolo di attrito all'interfaccia tra terreno-cla. [deg]

Coeff. α di adesione della coesione (0;1): coeff. di adesione della coesione all'interfaccia terreno-cla, compreso tra 0 ed 1. Il valore è adimensionale.

Coeff. di spinta K0: coefficiente di spinta a riposo del terreno. Il valore è adimensionale.

γ naturale: peso specifico naturale del terreno in sito, assegnato alle zone non immerse. [daN/m³]

γ saturo: peso specifico saturo del terreno in sito, assegnato alle zone immerse. [daN/m³]

E: modulo elastico longitudinale del terreno. [daN/m²]

v: coefficiente di Poisson del terreno. Il valore è adimensionale.

Qualità roccia RQD (0;1): rock quality degree. Indice di qualità della roccia, assume valori nell'intervallo (0;1). Il valore è adimensionale.

Descrizione	Natura geologica	Coesione (c')	Coesione non drenata (Cu)	Angolo di attrito interno φ	Angolo di attrito di interfaccia δ	Coeff. α di adesione della coesione (0;1)	Coeff. di spinta K0	γ naturale	γ saturo	E	v	Qualità roccia RQD (0;1)
01STRATO_MANFREDONIA_P1	Granulare incoerente (Sabbie)	0	0	29	19	0.45	0.52	1460	1840	314000	0.35	0
01STRATO_MANFREDONIA_P2	Granulare incoerente (Sabbie)	0	0	29	19	0.45	0.52	1460	1840	310000	0.35	0
01-P1-1STR-PEDOLOGICO_ROTELLO	Eminentemente Coesivo (Argille)	0	1550	0	0	0.5	1	1450	1800	100000	0.28	0
02-P1-2STR-COESIVO_ROTELLO	Eminentemente Coesivo (Argille)	0	5270	0	0	0.5	1	1590	1820	138000	0.3	0
03-P1-3STR-COESIVO_ROTELLO	Eminentemente Coesivo (Argille)	0	19740	0	0	0.7	1	2000	2230	1492000	0.3	0
01-P3-1STR-PEDOLOGICO_ROTELLO	Eminentemente Coesivo (Argille)	0	2460	0	0	0.5	1	1450	1800	100000	0.3	0
02-P3-2STR-COESIVO_ROTELLO	Eminentemente Coesivo (Argille)	0	8000	0	0	0.7	1	1770	1850	480000	0.3	0
03-P3-3STR-COESIVO_ROTELLO	Eminentemente Coesivo (Argille)	0	5000	0	0	0.7	1	1590	1820	138000	0.3	0
04-P3-4STR-COESIVO_ROTELLO	Eminentemente Coesivo (Argille)	0	13050	0	0	0.7	1	1930	2120	928000	0.3	0

9.3 Verifiche strutturali delle fondazioni

Verifiche delle fondazioni: contiene la descrizione degli stati limite considerati, gli approcci e le combinazioni di calcolo adottate; vengono poi elencate le pressioni e gli spostamenti massimi e minimi raggiunti nei diversi SL e le verifiche condotte sulle fondazioni presenti, superficiali e profonde.

Le verifiche nei confronti degli Stati Limite ultimi SLU strutturali (STR) e geotecnici (GEO) sono state effettuate applicando la combinazione (A1+M1+R3) di coefficienti parziali prevista dall'approccio 2:

DA1.2 - Approccio 2:

- Combinazione 1:(A1+M1+R3)

Le verifiche strutturali delle fondazioni in combinazioni sismiche sono state condotte in campo sostanzialmente elastico.

9.4 Verifiche geotecniche

Le unità di misura elencate nel capitolo sono in [m, daN, deg] ove non espressamente specificato.

Helvetica

9.4.1 Platea a "Piano campagna"

Verifiche condotte secondo D.M. 17-01-18 (N.T.C.)

Geometria



9.4.1.1 Caratteristiche dei materiali

Acciaio: B450C Fyk 45000000

Calcestruzzo: C25/30_1 Rck 3000000

9.4.1.2 Dati geometrici dell'impronta di calcolo

Forma dell'impronta di calcolo: rettangolare di area equivalente

Centro impronta, nel sistema globale: 0; 0; -0.2

Lato minore B dell'impronta: 2.5

Lato maggiore L dell'impronta: 5.2

Area dell'impronta rettangolare di calcolo: 13

9.4.1.3 Verifica di scorrimento sul piano di posa

Coefficiente di sicurezza minimo per scorrimento 1.9

Comb.	Fh	Fv	Cnd	Ad	Phi	RPI	γR	Rd	Ed	Rd/Ed
SLU 18	0	-64467	BT	1230	0	0	1.1	14536	0	1477650432757.46
SLV 15	7654	-41834	BT	1230	0	0	1.1	14536	7654	1.9

9.4.1.4 Verifiche geotecniche di capacità portante sul piano di posa

Profondità massima del bulbo di rottura considerato (per condizione non drenata): 1.25 m

Accelerazione normalizzata massima attesa al suolo Amax per verifiche in SLD: 0.028

Accelerazione normalizzata massima attesa al suolo Amax per verifiche in SLV: 0.076

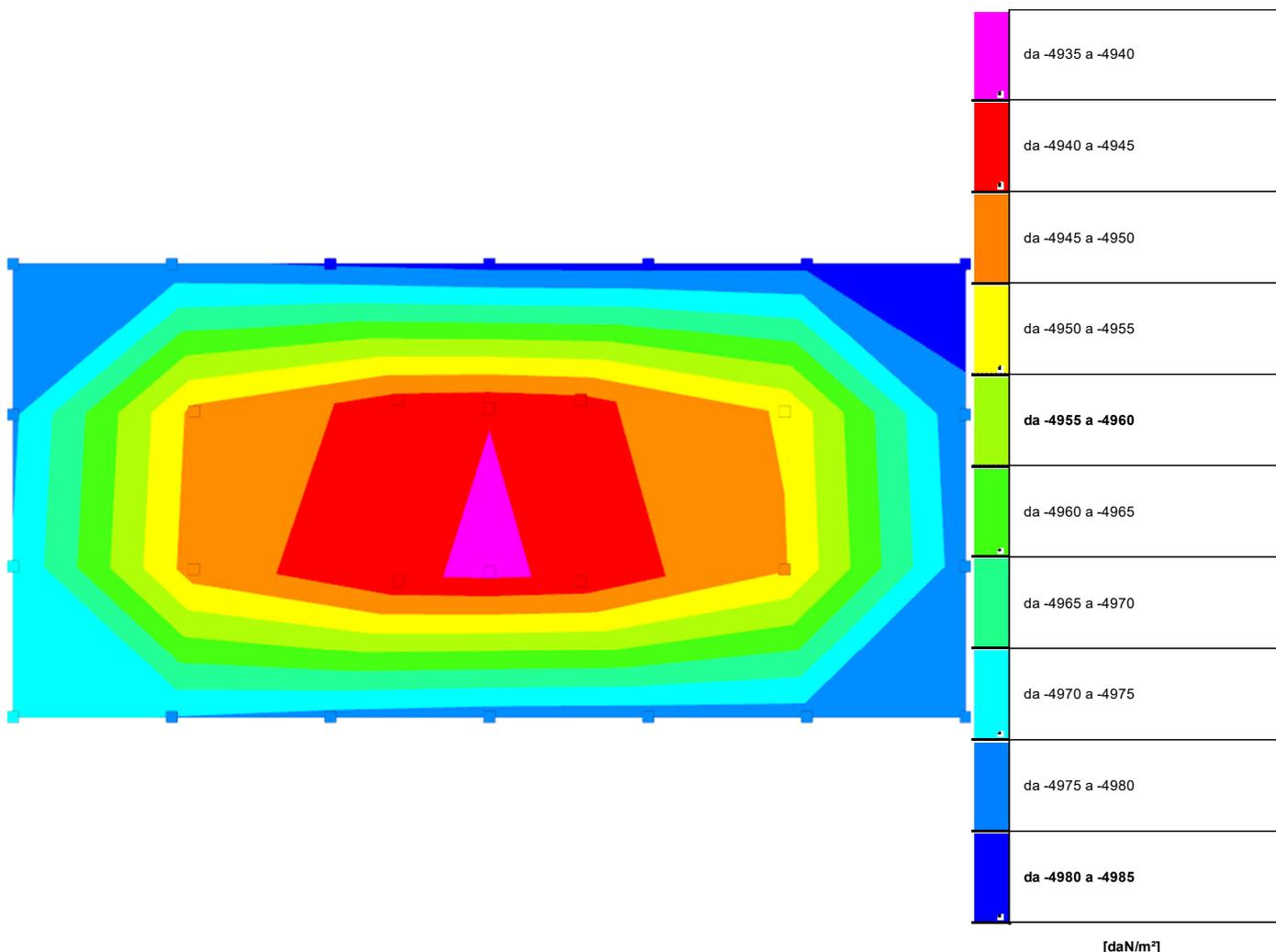
9.4.1.4.1 Coefficiente di sicurezza minimo per portanza 3.29

ID	Comb.	Fx	Fy	Fz	Mx	My	ix	iy	ex	ey	B'	L'	Cnd	C	Phi	Qs	γR	Rd	Ed	Rd/Ed
1	SLU 18	0	0	-64467	3	-4.53	0	0	0	0	2.5	5.2	BT	6615	0	219	2.3	211955	64467	3.29
2	SLV 5	-2261	-4447	-41835	11451.19	-5690.78	-3	-6	-0.14	0.27	1.95	4.93	BT	6615	0	219	2.3	148209	41835	3.54
3	SLD 5	-744	-1473	-41834	3765.94	-1873.19	-1	-2	-0.04	0.09	2.32	5.11	BT	6615	0	219	2.3	190342	41834	4.55

9.4.1.4.2 Verifiche geotecniche di capacità portante - Fattori utilizzati nel calcolo di Rd

ID	N			S			D			I			B			G			P			E		
	Nq	Nc	Ng	Sq	Sc	Sg	Dq	Dc	Dg	Iq	Ic	Ig	Bq	Bc	Bg	Gq	Gc	Gg	Pq	Pc	Pg	Eq	Ec	Eg
1	1	5	0	0	1.1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0				0	0	0
2	1	5	0	0	1.08	0	0	0	0	0	0.96	0	0	1	0	0	0	0				0	0	0
3	1	5	0	0	1.09	0	0	0	0	0	0.99	0	0	1	0	0	0	0				0	0	0

9.5 Pressioni terreno in SLU



Rappresentazione in pianta delle massime compressioni sul terreno in famiglia SLU.

Nodo: Nodo che interagisce col terreno.

Ind.: indice del nodo.

Pressione minima: situazione in cui si verifica la pressione minima nel nodo.

Cont.: nome breve della condizione o combinazione di carico a cui si riferisce la pressione minima.

uz: spostamento massimo verticale del nodo. [m]

Valore: pressione minima sul terreno del nodo. [daN/m²]

Pressione massima: situazione in cui si verifica la pressione massima nel nodo.

Cont.: nome breve della condizione o combinazione di carico a cui si riferisce la pressione massima.

uz: spostamento minimo verticale del nodo. [m]

Valore: pressione massima sul terreno del nodo. [daN/m²]

9.5.1.1.1 Compressione e spostamenti

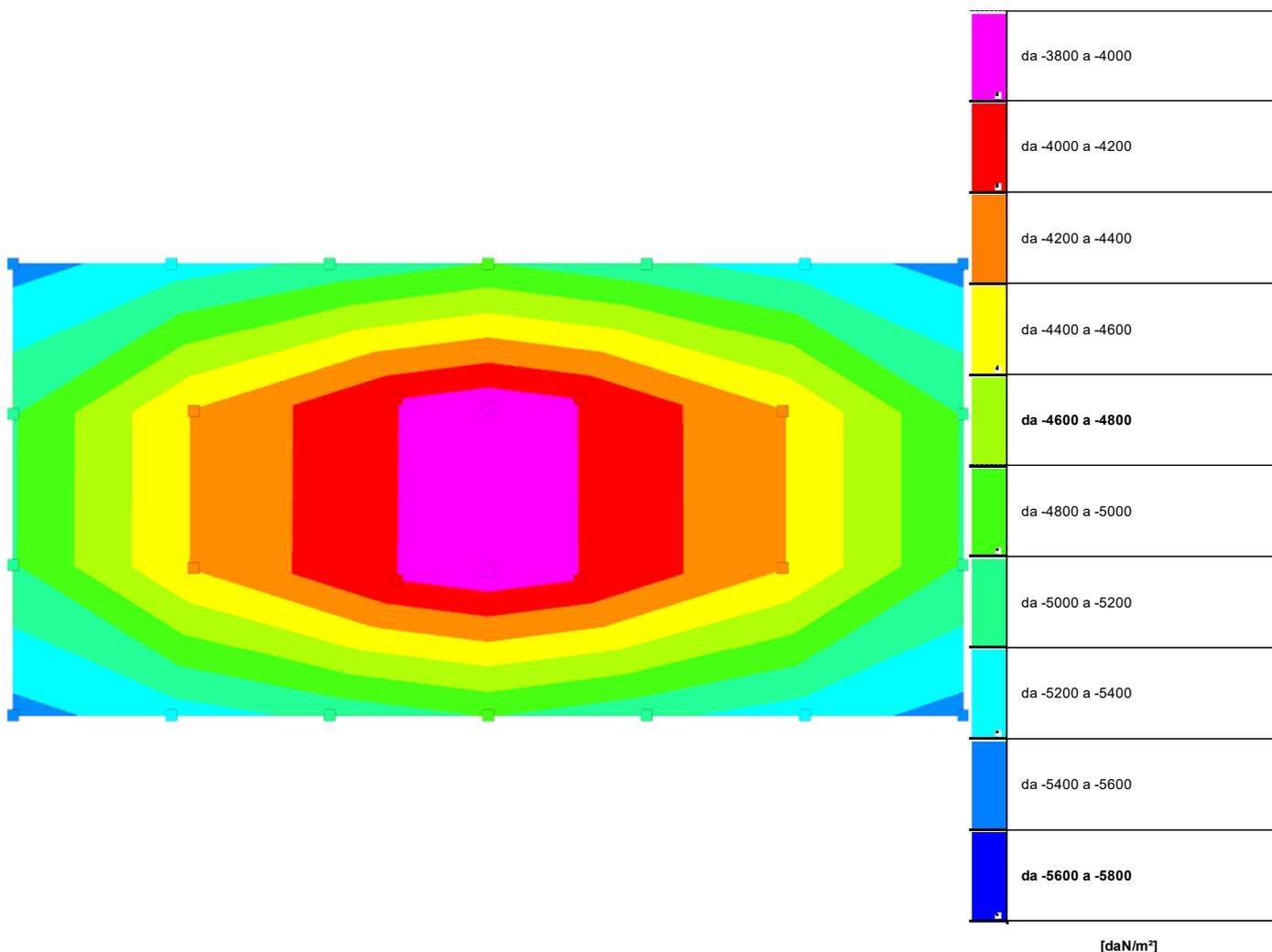
Compressione estrema massima -4981.9 al nodo di indice 45, di coordinate $x = 0.87$, $y = 1.25$, $z = -0.2$, nel contesto SLU 18.

Spostamento estremo minimo -0.0548193 al nodo di indice 45, di coordinate $x = 0.87$, $y = 1.25$, $z = -0.2$, nel contesto SLU 18.

Spostamento estremo massimo -0.0339139 al nodo di indice 18, di coordinate $x = 0$, $y = -0.45$, $z = -0.2$, nel contesto SLU 4.

Nodo	Pressione minima			Pressione massima		
	Ind.	Cont.	uz	Cont.	uz	Valore
2	SLU 18		-0.0547289	SLU 1	-0.0341659	-3104.9
3	SLU 18		-0.0547446	SLU 1	-0.0341729	-3105.6
4	SLU 18		-0.0547638	SLU 1	-0.0341815	-3106.4
5	SLU 18		-0.0547755	SLU 1	-0.0341876	-3106.9
6	SLU 18		-0.0547776	SLU 1	-0.0341903	-3107.2
7	SLU 18		-0.0547719	SLU 1	-0.0341904	-3107.2
8	SLU 18		-0.0547698	SLU 1	-0.034192	-3107.3
16	SLU 17		-0.0543744	SLU 4	-0.0339398	-3084.4
17	SLU 17		-0.0543776	SLU 4	-0.0339419	-3084.6
18	SLU 17		-0.0543418	SLU 4	-0.0339139	-3082.1
19	SLU 17		-0.0544392	SLU 4	-0.0339996	-3089.8
20	SLU 17		-0.0544629	SLU 4	-0.034015	-3091.2
21	SLU 18		-0.0547393	SLU 1	-0.0341738	-3105.7
22	SLU 18		-0.0547799	SLU 1	-0.0341998	-3108
27	SLU 18		-0.0547533	SLU 1	-0.0341831	-3106.5
28	SLU 18		-0.0547935	SLU 1	-0.0342087	-3108.8
29	SLU 17		-0.0544523	SLU 4	-0.0340079	-3090.6
30	SLU 17		-0.0544739	SLU 4	-0.034022	-3091.9
31	SLU 17		-0.0543608	SLU 4	-0.0339261	-3083.2
32	SLU 17		-0.0543955	SLU 4	-0.0339533	-3085.6
33	SLU 17		-0.0544005	SLU 4	-0.0339566	-3085.9
41	SLU 18		-0.0547712	SLU 1	-0.0341938	-3107.5
42	SLU 18		-0.0547869	SLU 1	-0.0342007	-3108.1
43	SLU 18		-0.0548052	SLU 1	-0.0342088	-3108.8
44	SLU 18		-0.054818	SLU 1	-0.0342155	-3109.5
45	SLU 18		-0.0548193	SLU 1	-0.0342177	-3109.7
46	SLU 18		-0.0548135	SLU 1	-0.0342177	-3109.7
47	SLU 18		-0.0548109	SLU 1	-0.0342191	-3109.8

9.6 Pressioni terreno in SLV/SLVf/SLUEcc



Rappresentazione in pianta delle massime compressioni sul terreno in famiglie SLV/SLVf/SLUEcc.

Nodo: Nodo che interagisce col terreno.

Ind.: indice del nodo.

Pressione minima: situazione in cui si verifica la pressione minima nel nodo.

Cont.: nome breve della condizione o combinazione di carico a cui si riferisce la pressione minima.

uz: spostamento massimo verticale del nodo. [m]

Valore: pressione minima sul terreno del nodo. [daN/m²]

Pressione massima: situazione in cui si verifica la pressione massima nel nodo.

Cont.: nome breve della condizione o combinazione di carico a cui si riferisce la pressione massima.

uz: spostamento minimo verticale del nodo. [m]

Valore: pressione massima sul terreno del nodo. [daN/m²]

9.6.1.1.1 Compressione e spostamenti

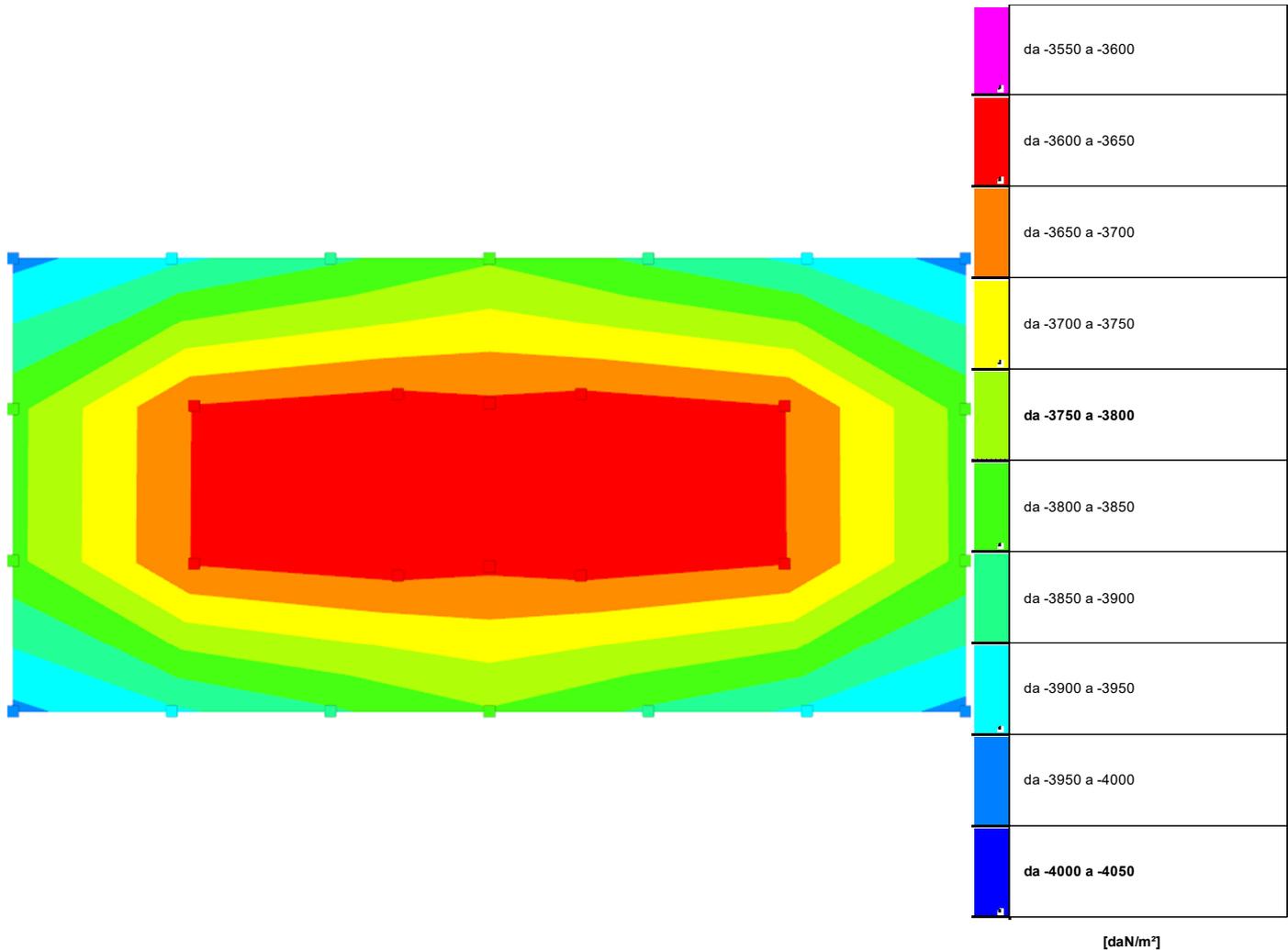
Compressione estrema massima 0 al nodo di indice 2, di coordinate $x = -2.6$, $y = -1.25$, $z = -0.2$, nel contesto .

Spostamento estremo minimo 0 al nodo di indice 2, di coordinate $x = -2.6$, $y = -1.25$, $z = -0.2$, nel contesto .

Spostamento estremo massimo 0 al nodo di indice 2, di coordinate $x = -2.6$, $y = -1.25$, $z = -0.2$, nel contesto .

Nodo Ind.	Pressione minima			Pressione massima		
	Cont.	uz	Valore	Cont.	uz	Valore
1	1	0	0	1	0	0

9.7 Pressioni terreno in SLE/SLD



Rappresentazione in pianta delle massime compressioni sul terreno in famiglie SLE/SLD.

Nodo: Nodo che interagisce col terreno.

Ind.: indice del nodo.

Pressione minima: situazione in cui si verifica la pressione minima nel nodo.

Cont.: nome breve della condizione o combinazione di carico a cui si riferisce la pressione minima.

uz: spostamento massimo verticale del nodo. [m]

Valore: pressione minima sul terreno del nodo. [daN/m²]

Pressione massima: situazione in cui si verifica la pressione massima nel nodo.

Cont.: nome breve della condizione o combinazione di carico a cui si riferisce la pressione massima.

uz: spostamento minimo verticale del nodo. [m]

Valore: pressione massima sul terreno del nodo. [daN/m²]

9.7.1.1.1 Compressione e spostamenti

Compressione estrema massima -3967 al nodo di indice 47, di coordinate $x = 2.6$, $y = 1.25$, $z = -0.2$, nel contesto SLD 11.

Spostamento estremo minimo -0.0436517 al nodo di indice 47, di coordinate x = 2.6, y = 1.25, z = -0.2, nel contesto SLD 11.

Spostamento estremo massimo -0.0273769 al nodo di indice 2, di coordinate x = -2.6, y = -1.25, z = -0.2, nel contesto SLD 11.

Nodo Ind.	Pressione minima			Pressione massima		
	Cont.	uz	Valore	Cont.	uz	Valore
2	SLD 5	-0.0435957	-3961.9	SLD 11	-0.0273769	-2488
3	SLD 5	-0.043019	-3909.5	SLD 11	-0.0279677	-2541.7
4	SLD 5	-0.0424452	-3857.4	SLD 11	-0.0285587	-2595.4
5	SLD 9	-0.0418697	-3805.1	SLD 7	-0.0291463	-2648.8
6	SLD 9	-0.0424568	-3858.4	SLD 7	-0.0285646	-2595.9
7	SLD 9	-0.043042	-3911.6	SLD 7	-0.0279796	-2542.7
8	SLD 9	-0.0436302	-3965.1	SLD 7	-0.0273947	-2489.6
16	SLE RA 2	-0.0400771	-3642.2	SLD 11	-0.0324413	-2948.2
17	SLE RA 2	-0.0400795	-3642.4	SLD 7	-0.0324417	-2948.3
18	SLE RA 2	-0.040053	-3640	SLD 7	-0.0330107	-3000
19	SLE RA 2	-0.0401231	-3646.3	SLD 15	-0.031078	-2824.3
20	SLE RA 2	-0.0401409	-3648	SLD 3	-0.0310904	-2825.5
21	SLD 1	-0.0419611	-3813.4	SLD 15	-0.0290273	-2638
22	SLD 13	-0.0419909	-3816.1	SLD 3	-0.0290494	-2640
27	SLD 3	-0.0419727	-3814.4	SLD 13	-0.0290343	-2638.6
28	SLD 15	-0.0419983	-3816.8	SLD 1	-0.0290599	-2640.9
29	SLE RA 2	-0.040133	-3647.2	SLD 13	-0.0310853	-2825
30	SLE RA 2	-0.0401492	-3648.7	SLD 1	-0.0310984	-2826.2
31	SLE RA 2	-0.0400674	-3641.3	SLD 9	-0.0330195	-3000.8
32	SLE RA 2	-0.040093	-3643.6	SLD 9	-0.0324505	-2949.1
33	SLE RA 2	-0.0400968	-3643.9	SLD 5	-0.0324546	-2949.4
41	SLD 7	-0.0436332	-3965.3	SLD 9	-0.0273952	-2489.6
42	SLD 7	-0.0430538	-3912.7	SLD 9	-0.0279886	-2543.6
43	SLD 7	-0.0424767	-3860.2	SLD 9	-0.0285817	-2597.5
44	SLD 7	-0.0419002	-3807.8	SLD 9	-0.0291717	-2651.1
45	SLD 11	-0.0424842	-3860.9	SLD 5	-0.0285921	-2598.4
46	SLD 11	-0.0430666	-3913.8	SLD 5	-0.0280098	-2545.5
47	SLD 11	-0.0436517	-3967	SLD 5	-0.0274274	-2492.6

10 CEDIMENTI FONDAZIONI SUPERFICIALI

Nodo: nodo che interagisce col terreno.

Ind.: indice del nodo.

spostamento nodale massimo: situazione in cui si verifica lo spostamento massimo verticale nel nodo calcolato dal solutore ad elementi finiti. Lo spostamento massimo con segno è quello con valore massimo lungo l'asse Z, dove valori positivi rappresentano spostamenti verso l'alto.

Cont.: nome breve della condizione o combinazione di carico a cui si riferisce lo spostamento.

uz: spostamento verticale del nodo calcolato dal solutore ad elementi finiti. Lo spostamento è dotato di segno. [m]

Press.: pressione sul terreno corrispondente allo spostamento. Valori positivi indicano trazione, valori negativi indicano compressione. [daN/m²]

spostamento nodale minimo: situazione in cui si verifica lo spostamento minimo verticale del nodo calcolato dal solutore ad elementi finiti. Lo spostamento minimo con segno è quello con valore minimo lungo l'asse Z, dove valori negativi rappresentano spostamenti verso il basso.

Cont.: nome breve della condizione o combinazione di carico a cui si riferisce lo spostamento.

uz: spostamento verticale del nodo calcolato dal solutore ad elementi finiti. Lo spostamento è dotato di segno. [m]

Press.: pressione sul terreno corrispondente allo spostamento. Valori positivi indicano trazione, valori negativi indicano compressione. [daN/m²]

Cedimento elastico: cedimento teorico elastico massimo.

Cont.: nome breve della combinazione di carico in cui è stato calcolato il cedimento teorico elastico massimo.

v.: valore del cedimento teorico elastico massimo. [m]

Cedimento edometrico: cedimento teorico edometrico massimo.

Cont.: nome breve della combinazione di carico in cui è stato calcolato il cedimento teorico edometrico massimo.

v.: valore del cedimento teorico edometrico massimo. [m]

Cedimento di consolidazione: cedimento teorico di consolidazione massimo.

Cont.: nome breve della combinazione di carico in cui è stato calcolato il cedimento teorico di consolidazione

massimo.

v.: valore del cedimento teorico di consolidazione massimo. [m]

10.1.1.1 Spostamenti

Spostamento estremo minimo -0.0436517 al nodo di indice 47, di coordinate x = 2.6, y = 1.25, z = -0.2, nel contesto SLD 11.

Spostamento estremo massimo -0.0273769 al nodo di indice 2, di coordinate x = -2.6, y = -1.25, z = -0.2, nel contesto SLD 11.

Nodo	spostamento nodale massimo			spostamento nodale minimo			Cedimento elastico		Cedimento edometrico		Cedimento di consolidazione		
	Ind.	Cont.	uz	Press.	Cont.	uz	Press.	Cont.	v.	Cont.	v.	Cont.	v.
2	SLD 11	-2.7E-02	-2488	SLD 5	-4.4E-02	-3961.9							
3	SLD 11	-2.8E-02	-2541.7	SLD 5	-4.3E-02	-3909.5							
4	SLD 11	-2.9E-02	-2595.4	SLD 5	-4.2E-02	-3857.4							
5	SLD 7	-2.9E-02	-2648.8	SLD 9	-4.2E-02	-3805.1							
6	SLD 7	-2.9E-02	-2595.9	SLD 9	-4.2E-02	-3858.4							
7	SLD 7	-2.8E-02	-2542.7	SLD 9	-4.3E-02	-3911.6							
8	SLD 7	-2.7E-02	-2489.6	SLD 9	-4.4E-02	-3965.1							
16	SLD 11	-3.2E-02	-2948.2	SLE RA 2	-4.0E-02	-3642.2							
17	SLD 7	-3.2E-02	-2948.3	SLE RA 2	-4.0E-02	-3642.4							
18	SLD 7	-3.3E-02	-3000	SLE RA 2	-4.0E-02	-3640							
19	SLD 15	-3.1E-02	-2824.3	SLE RA 2	-4.0E-02	-3646.3							
20	SLD 3	-3.1E-02	-2825.5	SLE RA 2	-4.0E-02	-3648							
21	SLD 15	-2.9E-02	-2638	SLD 1	-4.2E-02	-3813.4							
22	SLD 3	-2.9E-02	-2640	SLD 13	-4.2E-02	-3816.1							
27	SLD 13	-2.9E-02	-2638.6	SLD 3	-4.2E-02	-3814.4							
28	SLD 1	-2.9E-02	-2640.9	SLD 15	-4.2E-02	-3816.8							
29	SLD 13	-3.1E-02	-2825	SLE RA 2	-4.0E-02	-3647.2							
30	SLD 1	-3.1E-02	-2826.2	SLE RA 2	-4.0E-02	-3648.7							
31	SLD 9	-3.3E-02	-3000.8	SLE RA 2	-4.0E-02	-3641.3							
32	SLD 9	-3.2E-02	-2949.1	SLE RA 2	-4.0E-02	-3643.6							
33	SLD 5	-3.2E-02	-2949.4	SLE RA 2	-4.0E-02	-3643.9							
41	SLD 9	-2.7E-02	-2489.6	SLD 7	-4.4E-02	-3965.3							
42	SLD 9	-2.8E-02	-2543.6	SLD 7	-4.3E-02	-3912.7							
43	SLD 9	-2.9E-02	-2597.5	SLD 7	-4.2E-02	-3860.2							
44	SLD 9	-2.9E-02	-2651.1	SLD 7	-4.2E-02	-3807.8							
45	SLD 5	-2.9E-02	-2598.4	SLD 11	-4.2E-02	-3860.9							
46	SLD 5	-2.8E-02	-2545.5	SLD 11	-4.3E-02	-3913.8							
47	SLD 5	-2.7E-02	-2492.6	SLD 11	-4.4E-02	-3967							

11 OSSERVAZIONI E PRESCRIZIONI TECNICHE

Il livello di compatibilità dell'intervento con la situazione esistente e le eventuali prescrizioni tecniche da seguire prima, durante o dopo la realizzazione dell'opera sono da sintetizzare in :

PRESCRIZIONI:

1. Opere a carattere reversibile;
2. Aumentare il numero di sondaggio (prove dinamiche o statiche) al fine di ridurre i coefficienti di correlazione al sito e maggiore conoscenza del sito;
3. Condurre indagini integrativi nelle zone ad Nord-Ovest dei lotti interessati, conducendo anche prove MAWS (Rotello Lotto 1);

INDICAZIONI

1. Eseguire prove su pali pilota (IPE160 o secondo la tipologia scelta), condizione utile anche per la fasi successive di cantierizzazione e collaudi ;
2. Considerazioni tecnico-economiche:
Valutare pali a sezioni chiusa in acciaio Ø16 cm, o HEA e comunque di maggiore resistenza (Mrd alla base più elevati) per sfruttare portanza alla punta ed eventuale riduzione della lunghezza di infissione per portanza laterale;
3. Ulteriori condizioni e considerazioni tecnico-economiche:
Qualora si avvalga di "soluzioni tecnologia di mercato" per la realizzazione delle opere di fondazione profonde, si dovrà avere cura del rispetto delle certificazioni C.E. o EOTA e comunque in possesso del parere positivo del consiglio superiore dei lavori pubblici oltre che a condurre le consuete verifiche geotecniche-strutturali e/o adeguarle alle condizioni di carico previste.
4. Numero di prove dinamiche continue suggerite per ettaro: almeno 2-3, secondo il criterio di contiguità delle prove;

Per le opere superficiali nessuna particolare prescrizione se non le consuete condizioni di realizzazione secondo lo stato dell'arte,

1. indicazione costruttive e carichi tipologici dati dalla norma CEI 78-17:2015 : EX 0-15
2. Strati di pulizia dei piani di fondazione, calcestruzzo "magro" (comunemente chiamato magrone) con una percentuale ridotta di cemento, consigliata 10 cm, sbordo, spessore 10 cm;
3. Breccione| stabilizzato con argille/dreni A discrezione D,LL;

12 ALLEGATI

1. Relazione sulle indagine penetrometriche dinamiche continue a cura del Dott. Geol. Luigi di Carlo
2. Carta geomorfologica - EL 014 : a cura Dott. Geol. Raffaele Di Ceglie;
3. Carta geologica - EL 015: : a cura Dott. Geol. Raffaele Di Ceglie;
4. Relazione di compatibilità al piano di tutela delle acque – REL 005 - a cura Dott. Geol. Raffaele Di Ceglie;
5. Relazione geologica e sismica – REL 006 a cura Dott. Geol. Raffaele Di Ceglie;
6. Relazione Idrologica e Idrogeologica -REL009 a cura Dott. Geol. Raffaele Di Ceglie;
7. indagine geofisica tramite tecnica MASW - "ROTELLO Nord" : a cura Dott. Geol. Raffaele Di Ceglie;
8. Indagine geofisica tramite tecnica MASW - "ROTELLO Sud" : a cura Dott. Geol. Raffaele Di Ceglie;

13 CONCLUSIONI

La elaborazione dei dati acquisiti delle indagini con il livello conoscitivo correlato e gli studi condotti, hanno permesso di definire le caratteristiche geotecniche salienti del substrato di fondazione e delle opere di fondazione profonde.

Tanto si doveva per l'incarico ricevuto.

Foligno, 09/02/2024

Ing. Raneri Simone

