

PROPONENTE

Repower Renewable Spa
Via Lavaredo, 44
30174 Mestre (VE)

PROJECT MANAGER : Dott.Giuseppe Caricato



PROGETTAZIONE



TENPROJECT

Tenproject Srl - via De Gasperi 61
82018 S. Giorgio del Sannio (BN)
t +39 0824 337144 - f +39 0824 493415
tenproject.it - info@tenproject.it

N° COMMESSA

1459

NUOVO PARCO EOLICO "VEGLIE "
PROVINCIE DI LECCE - TARANTO - BRINDISI
COMUNI DI SALICE SALENTINO - NARDO' - PORTO CESAREO - AVETRANA PERCHIE'

PROGETTO DEFINITIVO PER AUTORIZZAZIONE



RELAZIONE GEOTECNICA


CODICE ELABORATO

0.10

NOME FILE


1459-PD_A_0.10_REL_r00

REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	REDATTO	VERIFICA	APPROVAZIONE
00	05/2021	PRIMA EMISSIONE	SC	FB	NF

	RELAZIONE GEOTECNICA	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.VGL01.PD.0.10 10/05/2021 21/06/2021 00 2 di 22
---	-----------------------------	---	---

INDICE

1	PREMESSA	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
3	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	4
3.1	IDROGEOLOGIA	7
4	MODELLAZIONE GEOTECNICA E PERICOLOSITA' SISMICA DEL SITO	7
4.1	MODELLAZIONE GEOTECNICA FONDAZIONI SUPERFICIALI	8
4.2	PERICOLOSITÀ SISMICA	8
5	SCELTA TIPOLOGICA DELLE OPERE DI FONDAZIONE	9
6	VERIFICHE DI SICUREZZA FONDAZIONI SUPERFICIALI	9
6.1	CARICO LIMITE FONDAZIONI DIRETTE	10
6.1.1	CALCOLO DEI FATTORI N_c , N_q , N_f	10
6.1.2	CALCOLO DEI FATTORI DI FORMA s_c , s_q , s_f	11
6.1.3	CALCOLO DEI FATTORI DI PROFONDITÀ DEL PIANO DI POSA d_c , d_q , d_f	11
6.1.4	CALCOLO DEI FATTORI DI INCLINAZIONE DEL CARICO i_c , i_q , i_f	11
6.1.5	CALCOLO DEI FATTORI DI INCLINAZIONE DEL PIANO DI CAMPAGNA b_c , b_q , b_f	12
6.1.6	CALCOLO DEI FATTORI DI INCLINAZIONE DEL PIANO DI POSA g_c , g_q , g_f	12
6.1.7	CALCOLO DEI FATTORI DI RIDUZIONE PER ROTTURA A PUNZONAMENTO ψ_c , ψ_q , ψ_f	13
6.1.8	CORREZIONE PER FONDAZIONE TIPO PIASTRA	13
6.1.9	CALCOLO DEL CARICO LIMITE IN PRESENZA DI FALDA	14
6.1.10	FATTORI CORRETTIVI AL CARICO LIMITE IN PRESENZA DI SISMA	14
6.1.11	CALCOLO DEL FATTORE CORRETTIVO DOVUTO ALL'EFFETTO CINEMATICO C_f	15
6.1.12	CALCOLO DEI FATTORI CORRETTIVI DOVUTI ALL'EFFETTO INERZIALE Z_c , Z_q , Z_f	15
6.2	GRAFICI SINTETICI FONDAZIONI SUPERFICIALI	16

	RELAZIONE GEOTECNICA	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.VGL01.PD.0.10 10/05/2021 21/06/2021 00 3 di 22
---	-----------------------------	---	---

1 PREMESSA

Il progetto descritto nella presente relazione riguarda la realizzazione di un impianto eolico costituito da sette aerogeneratori della potenza di 6 MW ciascuno, per una potenza di 42 MW, comprensivo di un sistema di accumulo con batterie agli ioni di litio di potenza pari a 15,20 MW, per una potenza complessiva di 57,20 MW, da installare nel comune di Avetrana (TA), Salice Salentino (LE), Nardò (LE) e Porto Cesareo (LE) in località “Il Canalone” e con opere di connessione ricadenti anche nel comune di Erchie (BR).

Proponente dell’iniziativa è la società Repower Renewable SpA.

Il sito di impianto è ubicato a sud-ovest del centro abitato di Salice Salentino (LE) dal quale l’aerogeneratore più vicino dista circa 12 km, a nord-ovest del centro abitato di Nardò (LE) dal quale l’aerogeneratore più vicino dista circa 25 km, ad est del centro abitato di Avetrana (TA) dal quale l’aerogeneratore più vicino dista circa 4,5 km ed infine a nord-ovest del centro abitato di Porto Cesareo (LE) dal quale l’aerogeneratore più vicino dista circa 10 km.

In particolare:

- gli aerogeneratori di progetto A01 e A02 ricadono nel comune di Salice Salentino, in località “Contrada Grassi”
- gli aerogeneratori A03 e A05 ricadono nel comune di Nardò in località “Monte Ruga”
- l’aerogeneratore A04 ricade nel comune di Avetrana in località “Villa Nova
- gli aerogeneratori A06 e A07 ricadono nel comune di Porto Cesareo in località “Masseria Corte Vetere”.


Gli aerogeneratori sono collegati tra di loro per gruppi mediante un cavidotto in media tensione interrato (detto “cavidotto interno”):

- il gruppo costituito dagli aerogeneratori A1, A2 e A3 è collegato ad una cabina di raccolta prevista nei pressi dell’aerogeneratore denominato A01;
- il gruppo degli aerogeneratori A4, A5, A6 e A7 è collegato ad una cabina di raccolta prevista nei pressi dell’aerogeneratore denominato A04.

Dalle cabine di raccolta parte il cavidotto interrato (detto “cavidotto esterno”) per il collegamento dell’impianto alla sottostazione di trasformazione 30/150 kV di progetto (in breve SE di utenza o stazione di utenza), prevista in agro di Erchie. Il cavidotto esterno segue per la quasi totalità strade esistenti.

La stazione di utenza a sua volta è collegata in antenna a 150 kV con la esistente Stazione Elettrica di Trasformazione (SE) della RTN 380/150 kV di Terna Spa (in breve anche SE RTN o stazione RTN) in agro di Erchie. La connessione in antenna avviene mediante un cavo interrato AT tra lo stallo della stazione di utenza e lo stallo a 150 kV della stazione RTN.

All’interno della stazione utente è prevista l’installazione di un sistema di accumulo di energia denominato BESS - Battery Energy Storage System basato su tecnologia elettrochimica a ioni di litio, comprendente gli elementi di accumulo, il sistema di conversione DC/AC e il sistema di elevazione con trasformatore e quadro di interfaccia.

	RELAZIONE GEOTECNICA	Codice	GE.VGL01.PD.0.10
		Data creazione	10/05/2021
		Data ultima modif.	21/06/2021
		Revisione	00
		Pagina	4 di 22

La presente relazione geotecnica riguarda la modellazione geotecnica del “volume significativo” che interessa i siti di realizzazione dell’impianto eolico. Questa relazione è stata redatta sulla base dei dati dalle indagini, i cui risultati sono evidenziati nella relazione “*Relazione geologica, geotecnica, idrogeomorfologica e sismica*” a firma del geologo Stefano Finamore.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le fasi di analisi e verifica della struttura sono state condotte in accordo alle seguenti disposizioni normative:

- **Legge 5 novembre 1971 n. 1086** (G. U. 21 dicembre 1971 n. 321)

“*Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica*”.

- **Legge 2 febbraio 1974 n. 64** (G. U. 21 marzo 1974 n. 76)

“*Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche*”.

Indicazioni progettive per le nuove costruzioni in zone sismiche a cura del Ministero per la Ricerca scientifica
- Roma 1981.

- **D. M. Infrastrutture Trasporti 17/01/2018** (G.U. 20/02/2018 n. 42 - Suppl. Ord. n. 8)

“*Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni*”.

Inoltre, in mancanza di specifiche indicazioni, ad integrazione della norma precedente e per quanto con esse non in contrasto, sono state utilizzate le indicazioni contenute nelle seguenti norme:

- **Circolare 21 gennaio 2019 n. 7 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti** (G.U. 11 febbraio 2019 n. 35 – Suppl. Ord.)

“*Istruzioni per l'applicazione delle 'Norme Tecniche delle Costruzioni' di cui al D.M. 17 gennaio 2018*”.

- **Eurocodice 7 - “Progettazione geotecnica” - EN 1997-1** per quanto non in contrasto con le disposizioni del D.M. 2018 “*Norme Tecniche per le Costruzioni*”.


3 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Come illustrato nella “*Relazione geologica, geotecnica, idrogeomorfologica e sismica*” (rif. Elaborato 1459-PD_A_0.2_REL_r00), la situazione litostratigrafica, geotecnica, geosismica ed idrogeologica dell’area oggetto di studio, è stata ricostruita sulla base dei dati da studi ed indagini geologiche condotti in aree adiacenti alla zona interessata da questo studio, dalle osservazioni dirette di campagna, opportunamente completate dai dati e delle notizie ricavati dalla cartografia ufficiale, dalla letteratura tecnico-scientifica e della banca dati del Servizio Geologico d’Italia.

Di seguito si riportano le proprietà geotecniche dei singoli terreni coinvolti e la stratigrafia di progetto:

Tabella 1 – Terreni area parco_Aerogeneratori A01-A02-A03-A07

N _{TRN}	γ _T	K ₁			φ	c _u	c'	E _d	E _{cu}	A _{S-B}
		K _{1X}	K _{1Y}	K _{1Z}						
	[N/m ³]	[N/cm ³]	[N/cm ³]	[N/cm ³]	[°]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	
complesso 1										
T001	16.000	8	8	25	20	0,030	0,010	1	1	0,000
complesso 2										
T002	24.800	100	100	1000	53,10	22,30	4,43	1	1	0,000

	RELAZIONE GEOTECNICA				Codice	GE.VGL01.PD.0.10
					Data creazione	10/05/2021
					Data ultima modif.	21/06/2021
					Revisione	00
					Pagina	5 di 22

complesso 3											
T003	24.100	100	100	1000	52,50	23,53	1,23	25.000	0	0,000	

LEGENDA:

N_{TRN}	Numero identificativo del terreno.
γ_T	Peso specifico del terreno.
K1	Valori della costante di Winkler riferita alla piastra Standard di lato b = 30 cm nelle direzioni degli assi del riferimento globale X (K _{1X}), Y (K _{1Y}), e Z (K _{1Z}).
φ	Angolo di attrito del terreno.
c_u	Coesione non drenata.
c'	Coesione efficace.
E_d	Modulo edometrico.
E_{cu}	Modulo elastico in condizione non drenate.
A_{S-B}	Parametro "A" di Skempton-Bjerrum per pressioni interstiziali.

Tabella 2 – Stratigrafia area parco_Aerogeneratori A01-A02-A03-A07

N_{TRN}	Q_i [m]	Q_f [m]	Cmp. S.	Add	ΔEd
T001	0,00	-0,40	coerente	sciolto	nulla
T002	-0,40	-9,00	incoerente	denso	nulla
T003	-9,00	INF	incoerente	denso	nulla

LEGENDA:

N_{TRN}	Numero identificativo della stratigrafia.
Q_i	Quota iniziale dello strato (riferito alla quota iniziale della stratigrafia).
Q_f	Quota finale dello strato (riferito alla quota iniziale della stratigrafia). INF = infinito (profondità dello strato finale).
Cmp. S.	Comportamento dello strato.
Add	Addensamento dello strato.
ΔEd	Variazione con la profondità del modulo edometrico.

Tabella 3 – Terreni area parco_Aerogeneratori A04

N_{TRN}	γ_T [N/m ³]	K1			φ [°]	c_u [N/mm ²]	c' [N/mm ²]	E_d [N/mm ²]	E_{cu} [N/mm ²]	A_{S-B}
		K_{1X} [N/cm ³]	K_{1Y} [N/cm ³]	K_{1Z} [N/cm ³]						
complesso 1										
T001	16.000	8	8	25	20	0,030	0,010	1	1	0,000
complesso 2										
T002	19.000	100	100	1000	38	0,035	0,100	1	1	0,000
complesso 3										
T003	24.100	100	100	1000	52,50	23,53	1,23	1	1	0,000

LEGENDA:

N_{TRN}	Numero identificativo del terreno.
γ_T	Peso specifico del terreno.
K1	Valori della costante di Winkler riferita alla piastra Standard di lato b = 30 cm nelle direzioni degli assi del riferimento globale X (K _{1X}), Y (K _{1Y}), e Z (K _{1Z}).
φ	Angolo di attrito del terreno.
c_u	Coesione non drenata.
c'	Coesione efficace.
E_d	Modulo edometrico.
E_{cu}	Modulo elastico in condizione non drenate.
A_{S-B}	Parametro "A" di Skempton-Bjerrum per pressioni interstiziali.

Tabella 4 – Stratigrafia area parco_Aerogeneratori A04

N_{TRN}	Q_i [m]	Q_f [m]	Cmp. S.	Add	ΔEd
T001	0,00	-0,40	coerente	sciolto	nulla
T002	-0,40	-2,00	incoerente	denso	nulla
T003	-2,00	INF	incoerente	denso	nulla

LEGENDA:

N_{TRN}	Numero identificativo della stratigrafia.
Q_i	Quota iniziale dello strato (riferito alla quota iniziale della stratigrafia).
Q_f	Quota finale dello strato (riferito alla quota iniziale della stratigrafia). INF = infinito (profondità dello strato finale).
Cmp. S.	Comportamento dello strato.
Add	Addensamento dello strato.
ΔEd	Variazione con la profondità del modulo edometrico.


	RELAZIONE GEOTECNICA				Codice	GE.VGL01.PD.0.10
					Data creazione	10/05/2021
					Data ultima modif.	21/06/2021
					Revisione	00
					Pagina	6 di 22

Tabella 5 – Terreni area parco_Aerogeneratori A05-A06

N _{TRN}	γ _T	K1			φ	c _u	c'	E _d	E _{cu}	A _{S-B}
		K _{1X}	K _{1Y}	K _{1Z}						
	[N/m ³]	[N/cm ³]	[N/cm ³]	[N/cm ³]	[°]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	
complesso 1										
T001	16.000	8	8	25	20	0,030	0,010	1	1	0,000
complesso 2										
T002	17.000	100	100	1000	30	0,020	0,050	1	1	0,000
complesso 3										
T003	19.000	100	100	1000	38	0,035	0,100	1	1	0,000

LEGENDA:

N_{TRN} Numero identificativo del terreno.

γ_T Peso specifico del terreno.

K1 Valori della costante di Winkler riferita alla piastra Standard di lato b = 30 cm nelle direzioni degli assi del riferimento globale X (K_{1X}), Y (K_{1Y}), e Z (K_{1Z}).

φ Angolo di attrito del terreno.

c_u Coesione non drenata.

c' Coesione efficace.

E_d Modulo edometrico.

E_{cu} Modulo elastico in condizione non drenate.

A_{S-B} Parametro "A" di Skempton-Bjerrum per pressioni interstiziali.

Tabella 6 – Stratigrafia area parco_Aerogeneratori A05-A06

N _{TRN}	Q _i	Q _f	Cmp. S.	Add	ΔEd
	[m]	[m]			
T001	0,00	-0,40	coerente	sciolto	nulla
T002	-0,40	-3,00	incoerente	denso	nulla
T003	-3,00	INF	incoerente	denso	nulla

LEGENDA:

N_{TRN} Numero identificativo della stratigrafia.

Q_i Quota iniziale dello strato (riferito alla quota iniziale della stratigrafia).

Q_f Quota finale dello strato (riferito alla quota iniziale della stratigrafia). INF = infinito (profondità dello strato finale).

Cmp. S. Comportamento dello strato.

S.

Add Addensamento dello strato.

ΔEd Variazione con la profondità del modulo edometrico.

Tabella 7 – Terreni area sottostazione

N _{TRN}	γ _T	K1			φ	c _u	c'	E _d	E _{cu}	A _{S-B}
		K _{1X}	K _{1Y}	K _{1Z}						
	[N/m ³]	[N/cm ³]	[N/cm ³]	[N/cm ³]	[°]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	
complesso 1										
T001	16.000	8	8	25	20	0,030	0,010	1	1	0,000
complesso 2										
T002	17.000	10	10	30	30	0,050	0,020	1	1	0,000
complesso 3										
T003	19.000	16	16	50	38	0,000	0,000	25.000	0	0,000

LEGENDA:

N_{TRN} Numero identificativo del terreno.

γ_T Peso specifico del terreno.

K1 Valori della costante di Winkler riferita alla piastra Standard di lato b = 30 cm nelle direzioni degli assi del riferimento globale X (K_{1X}), Y (K_{1Y}), e Z (K_{1Z}).

φ Angolo di attrito del terreno.

c_u Coesione non drenata.

c' Coesione efficace.

E_d Modulo edometrico.

E_{cu} Modulo elastico in condizione non drenate.


A_{S-B} Parametro "A" di Skempton-Bjerrum per pressioni interstiziali.

Tabella 8 – Stratigrafia area sottostazione

N _{TRN}	Q _i	Q _f	Cmp. S.	Add	ΔEd
	[m]	[m]			
T001	0,00	-0,40	coerente	sciolto	nulla
T002	-0,40	-3,00	incoerente	sciolto	nulla
T003	-3,00	INF	incoerente	denso	nulla

Ten Project

Sede legale ed operativa: Via A. De Gasperi 61 - 82018 San Giorgio del Sannio (BN) - Sede Operativa: Via Alfonso la Cava 114 - 71036 Lucera (FG)

 TENPROJECT	RELAZIONE GEOTECNICA	Codice	GE.VGL01.PD.0.10
		Data creazione	10/05/2021
		Data ultima modif.	21/06/2021
		Revisione	00
		Pagina	7 di 22

N_{TRN}	Q_i [m]	Q_f [m]	Cmp. S.	Add	ΔEd
------------------------	-----------------------------	-----------------------------	----------------	------------	------------

LEGENDA:

- N_{TRN}** Numero identificativo della stratigrafia.
Q_i Quota iniziale dello strato (riferito alla quota iniziale della stratigrafia).
Q_f Quota finale dello strato (riferito alla quota iniziale della stratigrafia). INF = infinito (profondità dello strato finale).
Cmp. S. Comportamento dello strato.
S.
Add Addensamento dello strato.
ΔEd Variazione con la profondità del modulo edometrico.

NB: Nel caso di fondazioni dirette con stratigrafia, il calcolo del carico limite (q_{lim}) viene fatto su un terreno “*equivalente*” con parametri geotecnici calcolati come media pesata degli strati compresi tra la quota del piano di posa e la quota della profondità “*significativa*” (stabilita come “*Multiplo della dimensione Significativa della fondazione*”).

$$\text{Parametro "J"} = \frac{\sum_i^n [\text{Parametro "J"} (\text{strato}, i) \cdot \text{Spessore} (\text{strato}, i)]}{\text{Profondità significativa}}$$

con $i = 1, \dots, n$ (numero di strati compresi tra la quota del piano di posa e la quota della profondità significativa).

Come specificato nella “*Relazione geologica, geotecnica, idrogeomorfologica e sismica*” (rif. Elaborato 1459-PD_A_0.2_REL_r00) verrà effettuato un dettagliato e puntuale piano di indagini in campo e di laboratorio che permetterà una caratterizzazione di ancora maggior dettaglio sui parametri geotecnici e quindi un’ottimizzazione sulla progettazione delle opere fondali.


3.1 Idrogeologia

Le indicazioni riportate nella “*Relazione geologica, geotecnica, idrogeomorfologica e sismica*” (rif. 1459-PD_A_0.2_REL_r00) evidenziano che sia nell’area parco che nell’area stazione, la falda si attesta a profondità superiori a 55/60 m dal piano campagna.

4 MODELLAZIONE GEOTECNICA E PERICOLOSITA' SISMICA DEL SITO

Ai fini della determinazione dell’azione sismica come evidenziato nella “*Relazione geologica, geotecnica, idrogeomorfologica e sismica*” sono stati adoperati i risultati di indagini sismiche pregresse, dalle quali risultano valori di V_{seq} tali che permettono di classificare i profili stratigrafici nelle seguenti categorie:

- **A [A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi]** – area sottostazione, area parco aerogeneratori A01, A02, A03, A05, A06, A07;
- **B [B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s]** – area parco aerogeneratore A04.

	RELAZIONE GEOTECNICA	Codice	GE.VGL01.PD.0.10
		Data creazione	10/05/2021
		Data ultima modif.	21/06/2021
		Revisione	00
		Pagina	8 di 22

4.1 Modellazione geotecnica fondazioni superficiali

Ai fini del calcolo strutturale, il terreno sottostante l'opera viene modellato secondo lo schema di Winkler, cioè un sistema costituito da un letto di molle elastiche mutuamente indipendenti. Ciò consente di ricavare le rigidità offerte dai manufatti di fondazione, siano queste profonde o superficiali, che sono state introdotte direttamente nel modello strutturale per tener conto dell'interazione opera/terreno.

La modellazione del suolo come letto di molle alla Winkler prevede la definizione delle costanti di sottofondo del terreno che vengono definite tramite la seguente espressione:

$$K = c \cdot K_1;$$

dove:

K_1 = costante di Winkler del terreno riferita alla piastra standard di lato $b = 30$ cm (i valori assunti sono definiti sulla base di letteratura ufficiale (Rif. *Fondazioni C. Viggiani, 2003*);

c = coefficiente di correzione, funzione del comportamento del terreno e della particolare geometria degli elementi di fondazione. Nel caso di "Riduzione Automatica" è dato dalle successive espressioni (Rif. *Evaluation of coefficients of subgrade reaction K. Terzaghi, 1955 p. 315*):

$$c = \left[\frac{(B + b)}{2 \cdot B} \right]^2 \quad \text{per terreni incoerenti}$$

$$c = \left(\frac{L/B + 0,5}{1,5 \cdot L/B} \right) \cdot \frac{b}{B} \quad \text{per terreni coerenti}$$

Essendo:

$b = 0,30$ m, dimensione della piastra standard;

L = lato maggiore della fondazione;

B = lato minore della fondazione.

4.2 Pericolosità sismica

Ai fini della pericolosità sismica sono stati analizzati i dati relativi alla sismicità dell'area di interesse e ad eventuali effetti di amplificazione stratigrafica e topografica. Si sono tenute in considerazione anche la classe delle opere e la vita nominale, in particolare è stata considerata una **Vita Nominale** pari a **100** e per **Classe d'Usa** pari a **4**.

Per tale caratterizzazione si riportano di seguito i dati di pericolosità come da normativa:

Tabella 9 - parametri di pericolosità sismica sito di interesse


Stato Limite	T_r	a_g/g	Amplif. Stratigrafica		F_0	T'_c	T_B	T_c	T_D
			S_s	C_c					
	[t]					[s]	[s]	[s]	[s]
SLO	120	0,0330	1,000	1,000	2,418	0,351	0,117	0,351	1,732
SLD	201	0,0391	1,000	1,000	2,505	0,393	0,131	0,393	1,756
SLV	1898	0,0700	1,000	1,000	2,924	0,522	0,174	0,522	1,880
SLC	2475	0,0743	1,000	1,000	2,982	0,529	0,176	0,529	1,897

LEGENDA:

T_r Periodo di ritorno dell'azione sismica. [t] = anni.

Ten Project

Sede legale ed operativa: Via A. De Gasperi 61 - 82018 San Giorgio del Sannio (BN) - Sede Operativa: Via Alfonso la Cava 114 - 71036 Lucera (FG)

	RELAZIONE GEOTECNICA	Codice	GE.VGL01.PD.0.10
		Data creazione	10/05/2021
		Data ultima modif.	21/06/2021
		Revisione	00
		Pagina	9 di 22

a_g/g	Coefficiente di accelerazione al suolo.
S_s	Coefficienti di Amplificazione Stratigrafica allo SLO/SLD/SLV/SLC.
C_c	Coefficienti di Amplificazione di T _c allo SLO/SLD/SLV/SLC.
F₀	Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.
T_c[*]	Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.
T_B	Periodo di inizio del tratto accelerazione costante dello spettro di progetto.
T_C	Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro di progetto.
T_D	Periodo di inizio del tratto a spostamento costante dello spettro di progetto.

5 SCELTA TIPOLOGICA DELLE OPERE DI FONDAZIONE

La tipologia delle opere di fondazione sono consone alle caratteristiche meccaniche del terreno ed alle azioni agenti sulle strutture. Per il progetto in esame sono previste **fondazioni dirette** per le fondazioni delle turbine eoliche e per le opere di stazione.

6 VERIFICHE DI SICUREZZA FONDAZIONI SUPERFICIALI

Nelle verifiche allo stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove:

E_d è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione;

R_d è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

Le verifiche strutturali e geotecniche delle fondazioni, sono state effettuate con l'**Approccio 2** come definito al §2.6.1 del D.M. 2018, attraverso la combinazione **A1+M1+R3**. Le azioni sono state amplificate tramite i coefficienti della colonna A1 (STR) definiti nella tabella 6.2.I del D.M. 2018.

Tabella 10 - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni - Tabella 6.2.I del D.M. 2018

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente parziale γ_F (o γ_E)	A1 (STR)	A2 (GEO)
Carichi permanenti G ₁	Favorevole	γ_{G1}	1,00	1,00
	Sfavorevole		1,30	1,00
Carichi permanenti G ₂	Favorevole	γ_{G2}	0,80	0,80
	Sfavorevole		1,50	1,30
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_{Qi}	0,00	0,00
	Sfavorevole		1,50	1,30

I valori di resistenza del terreno sono stati ridotti tramite i coefficienti della colonna M1 definiti nella tabella 6.2.II del D.M. 2018.

Tabella 11 - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno - Tabella 6.2.II del D.M. 2018

PARAMETRO GEOTECNICO	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza a taglio	$\tan \phi_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,00	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,00	1,40
Peso dell'unità di volume	γ_r	γ_r	1,00	1,00

I valori calcolati delle resistenze totali dell'elemento strutturale sono stati divisi per i coefficienti R3 della tabella 6.4.I del D.M. 2018 per le fondazioni superficiali.


	RELAZIONE GEOTECNICA	Codice	GE.VGL01.PD.0.10
		Data creazione	10/05/2021
		Data ultima modif.	21/06/2021
		Revisione	00
		Pagina	10 di 22

Tabella 12 - Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali - Tabella 6.4.I del D.M. 2018

Verifica	Coefficiente Parziale (R3)
Carico limite	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$

Per le varie tipologie di fondazioni sono di seguito elencate le metodologie ed i modelli usati per il calcolo del carico limite ed i risultati di tale calcolo.

6.1 Carico limite fondazioni dirette

La formula del carico limite esprime l'equilibrio fra il carico applicato alla fondazione e la resistenza limite del terreno. Il carico limite è dato dalla seguente espressione:

$$q_{lim} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c \cdot \Psi_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot g_q \cdot b_q \cdot \Psi_q + \frac{B'}{2} \cdot \gamma_f \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot g_\gamma \cdot b_\gamma \cdot \Psi_\gamma \cdot r_\gamma$$

in cui:

c = coesione del terreno al disotto del piano di posa della fondazione;

$q = \gamma \cdot D$ = pressione geostatica in corrispondenza del piano di posa della fondazione;

γ = peso unità di volume del terreno al di sopra del piano di posa della fondazione;

D = profondità del piano di posa della fondazione;

B' = larghezza ridotta della suola di fondazione (vedi **NB**);

L = lunghezza della fondazione;

γ_f = peso unità di volume del terreno al disotto del piano di posa della fondazione;

N_c, N_q, N_γ = fattori di capacità portante;

s, d, i, g, b, ψ, r = coefficienti correttivi.

NB: Se la risultante dei carichi verticali è eccentrica, B e L saranno ridotte rispettivamente di:

$$B' = B - 2 \cdot e_B$$

e_B = eccentricità parallela al lato di dimensione B ;

$$L' = L - 2 \cdot e_L$$

e_L = eccentricità parallela al lato di dimensione L ;

con $B' \leq L'$.

dove:

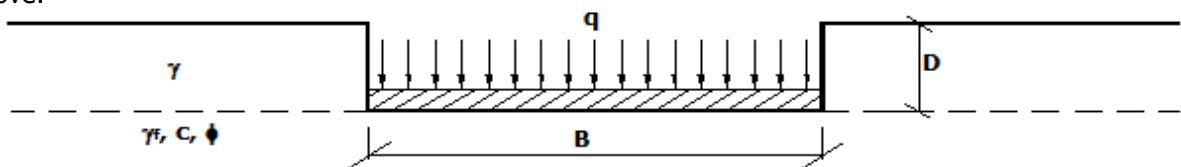



Figura 1 - schematizzazione impostazione di calcolo del carico limite

6.1.1 Calcolo dei fattori N_c, N_q, N_γ

Tabella 13 - fattori correttivi formula del carico limite

Terreni puramente coesivi ($c \neq 0, \phi = 0$)		Terreni dotati di attrito e coesione ($c \neq 0, \phi \neq 0$)	
$N_c = 2 + \pi$		$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot \phi$	
$N_q = 1$		$N_q = K_p \cdot e^{\pi \cdot \tan \phi}$	
$N_\gamma = 0$	se $\omega = 0$		

	RELAZIONE GEOTECNICA	Codice	GE.VGL01.PD.0.10
		Data creazione	10/05/2021
		Data ultima modif.	21/06/2021
		Revisione	00
		Pagina	11 di 22

$N_y = -2 \cdot \sin \omega$	se $\omega \neq 0$	$N_y = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \phi$
------------------------------	--------------------	---

dove:

$k_p = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)$ è il coefficiente di spinta passiva di Rankine;

ϕ = angolo di attrito del terreno al disotto del piano di posa della fondazione;

ω = angolo di inclinazione del piano campagna.

6.1.2 Calcolo dei fattori di forma s_c , s_q , s_γ

Tabella 14 - fattori correttivi formula del carico limite

Terreni puramente coesivi ($c \neq 0, \phi = 0$)	Terreni dotati di attrito e coesione ($c \neq 0, \phi \neq 0$)
$s_c = 1 + \frac{B'}{(2 + \pi) \cdot L'}$	$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} \cdot \frac{B'}{L'}$
$s_q = 1$	$s_q = 1 + \frac{B'}{L'} \cdot \tan \phi$
$s_\gamma = 1 - 0.40 \cdot \frac{B'}{L'}$	$s_\gamma = 1 - 0.40 \cdot \frac{B'}{L'}$

con $B'/L' < 1$.

6.1.3 Calcolo dei fattori di profondità del piano di posa d_c , d_q , d_γ

Si definisce il seguente parametro:

$$K = \frac{D}{B'} \quad \text{se} \quad \frac{D}{B'} \leq 1;$$

$$K = \arctg \left(\frac{D}{B'} \right) \quad \text{se} \quad \frac{D}{B'} > 1.$$

Tabella 15 - fattori correttivi formula del carico limite

Terreni puramente coesivi ($c \neq 0, \phi = 0$)	Terreni dotati di attrito e coesione ($c \neq 0, \phi \neq 0$)
$d_c = 1 + 0,4 \cdot K$	$d_c = d_q - \frac{1 - d_q}{N_c \cdot \tan \phi}$
$d_q = 1$	$d_q = 1 + 2 \cdot \tan \phi \cdot (1 - \sin \phi)^2 \cdot K$
$d_\gamma = 1$	$d_\gamma = 1$

6.1.4 Calcolo dei fattori di inclinazione del carico i_c , i_q , i_γ

Si definisce il seguente parametro:


$m = m_B = \frac{2 + B/L}{1 + B/L}$	se la forza H è parallela alla direzione trasversale della fondazione
$m = m_L = \frac{2 + L/B}{1 + L/B}$	se la forza H è parallela alla direzione longitudinale della fondazione
$m = m_\theta = m_L \cdot \cos^2 \theta + m_B \cdot \sin^2 \theta$	se la forza H forma un angolo θ con la direzione longitudinale della fondazione

Tabella 16 - fattori correttivi formula del carico limite

Terreni coesivi	Terreni incoerenti	Terreni dotati di attrito e coesione
-----------------	--------------------	--------------------------------------

Ten Project

Sede legale ed operativa: Via A. De Gasperi 61 - 82018 San Giorgio del Sannio (BN) - Sede Operativa: Via Alfonso la Cava 114 - 71036 Lucera (FG)

	RELAZIONE GEOTECNICA	Codice	GE.VGL01.PD.0.10
		Data creazione	10/05/2021
		Data ultima modif.	21/06/2021
		Revisione	00
		Pagina	12 di 22

$(c \neq 0, \phi = 0)$	$(c = 0, \phi \neq 0)$	$(c \neq 0, \phi \neq 0)$
$i_c = 1 - \frac{m \cdot H}{c \cdot N_c \cdot B \cdot L}$	$i_c = 0$	$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_c \cdot \tan \phi}$
$i_q = 1$	$i_q = \left(1 - \frac{H}{V}\right)^m$	$i_q = \left(1 - \frac{H}{V + B \cdot L \cdot c \cdot \cot \phi}\right)^m$
$i_\gamma = 0$	$i_\gamma = \left(1 - \frac{H}{V}\right)^{m+1}$	$i_\gamma = \left(1 - \frac{H}{V + B \cdot L \cdot c \cdot \cot \phi}\right)^{m+1}$

dove:

H = componente orizzontale dei carichi agente sul piano di posa della fondazione;

V = componente verticale dei carichi agente sul piano di posa della fondazione.

6.1.5 Calcolo dei fattori di inclinazione del piano di campagna bc, bq, by

Indicando con ω la pendenza del piano campagna, si ha:

Tabella 17 - fattori correttivi formula del carico limite

Terreni puramente coesivi $(c \neq 0, \phi = 0)$	Terreni dotati di attrito e coesione $(c \neq 0, \phi \neq 0)$
$b_c = 1 - \frac{2 \cdot \omega}{(2 + \pi)}$	$b_c = b_q - \frac{1 - b_q}{N_c \cdot \tan \phi}$
$b_q = (1 - \tan \omega)^2 \cdot \cos \omega$	$b_q = (1 - \tan \omega)^2 \cdot \cos \omega$
$b_\gamma = b_q / \cos \omega$	$b_\gamma = b_q / \cos \omega$

Per poter applicare tali coefficienti correttivi deve essere verificata la seguente condizione:

$$\omega < \phi; \quad \omega < 45^\circ.$$

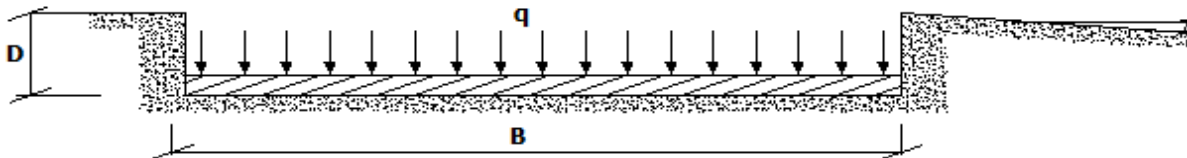


Figura 2 - schematizzazione impostazione di calcolo del carico limite

6.1.6 Calcolo dei fattori di inclinazione del piano di posa gc, gq, gy


Indicando con ε la pendenza del piano di posa della fondazione, si ha:

Tabella 18 - fattori correttivi formula del carico limite

Terreni puramente coesivi $(c \neq 0, \phi = 0)$	Terreni dotati di attrito e coesione $(c \neq 0, \phi \neq 0)$
$g_c = 1 - \frac{2 \cdot \varepsilon}{(2 + \pi)}$	$g_c = g_q - \frac{1 - g_q}{N_c \cdot \tan \phi}$
$g_q = 1$	$g_q = (1 - \varepsilon \cdot \tan \phi)^2$
$g_\gamma = 1$	$g_\gamma = g_q$

Per poter applicare tali coefficienti correttivi deve essere verificata la seguente condizione:

$$\varepsilon < 45^\circ$$

	RELAZIONE GEOTECNICA	Codice	GE.VGL01.PD.0.10
		Data creazione	10/05/2021
		Data ultima modif.	21/06/2021
		Revisione	00
		Pagina	13 di 22

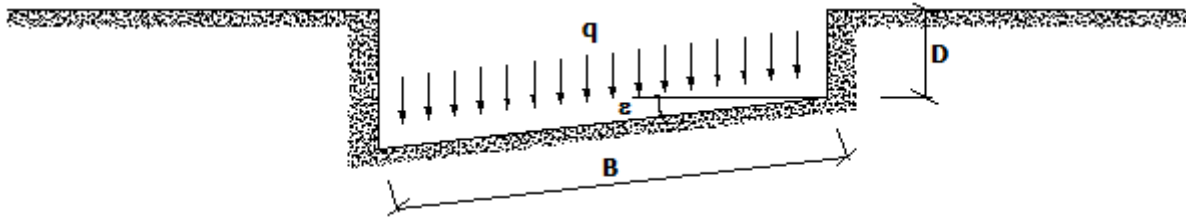


Figura 3 - schematizzazione impostazione di calcolo del carico limite

6.1.7 Calcolo dei fattori di riduzione per rottura a punzonamento Ψ_c , Ψ_q , Ψ_γ

Si definisce l'indice di rigidità del terreno come:

$$I_r = \frac{G}{c + \sigma \cdot \tan \phi}$$

dove:

$$G = \frac{E}{2 \cdot (1 + \nu)} = \text{modulo d'elasticità tangenziale del terreno};$$

E= modulo elastico del terreno (nei calcoli è utilizzato il modulo edometrico);

ν = modulo di Poisson. Sia in condizioni non drenate che drenate è assunto pari a 0,5 (a vantaggio di sicurezza);

σ = tensione litostatica alla profondità $D+B/2$.

La rottura a punzonamento si verifica quando i coefficienti di punzonamento Ψ_c , Ψ_q , Ψ_γ sono inferiori all'unità; ciò accade quando l'indice di rigidità I_r si mantiene inferiore al valore critico:

$$I_r < I_{r,crit} = \frac{1}{2} \cdot e^{\left[\left(3,3 - 0,45 \frac{B}{L} \right) \cdot \cot \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \right]}$$

Tabella 19 - fattori correttivi formula del carico limite

Terreni puramente coesivi ($c \neq 0, \phi = 0$)	Terreni dotati di attrito e coesione ($c \neq 0, \phi \neq 0$)
$\Psi_c = 0,32 + 0,12 \cdot \frac{B'}{L'} + 0,6 \cdot \text{Log}(I_r)$	$\Psi_c = \Psi_q - \frac{1 - \Psi_q}{N_c \cdot \tan \phi}$
$\Psi_q = 1$	$\Psi_q = e^{\left\{ \left(0,6 \frac{B'}{L'} - 4,4 \right) \tan \phi + \frac{3,07 \sin \phi \cdot \text{Log}(2 \cdot I_r)}{1 + \sin \phi} \right\}}$
$\Psi_\gamma = 1$	$\Psi_\gamma = \Psi_q$

6.1.8 Correzione per fondazione tipo piastra


Bowles, al fine di limitare il contributo del termine " $B \cdot N_\gamma$ ", che per valori elevati di B porterebbe ad ottenere valori del carico limite prossimi a quelli di una fondazione profonda, propone il seguente fattore di riduzione r_γ :

$$r_\gamma = 1 - 0,25 \cdot \text{Log}(B/2) \quad \text{con } B \geq 2 \text{ m}$$

Nella tabella sottostante sono riportati una serie di valori del coefficiente r_γ al variare della larghezza dell'elemento di fondazione.

Tabella 20 - fattori correttivi formula del carico limite

B [m]	2	2,5	3	3,5	4	5	10	20	100
r_γ	1,00	0,97	0,95	0,93	0,92	0,90	0,82	0,75	0,57

	RELAZIONE GEOTECNICA	Codice	GE.VGL01.PD.0.10
		Data creazione	10/05/2021
		Data ultima modif.	21/06/2021
		Revisione	00
		Pagina	14 di 22

Questo coefficiente assume particolare importanza per fondazioni larghe con rapporto D/B basso, caso nel quale il termine “B·N_γ” è predominante.

6.1.9 Calcolo del carico limite in presenza di falda

Se il pelo libero della falda è compreso fra il piano campagna ed il piano di posa della fondazione, ad un'altezza **a** sopra il piano di posa, l'espressione generale del carico limite, valutato in termini di *tensioni effettive*, diviene:

$$q_{lim} = c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c \cdot \Psi_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot g_q \cdot b_q \cdot \Psi_q + \frac{B'}{2} \cdot \gamma'_f \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot g_\gamma \cdot b_\gamma \cdot \Psi_\gamma \cdot r_\gamma + \gamma_{H_2O} \cdot a$$

dove la tensione litostatica al piano di posa è valutata come:

$$q = \gamma \cdot (D-a) + \gamma' \cdot a$$

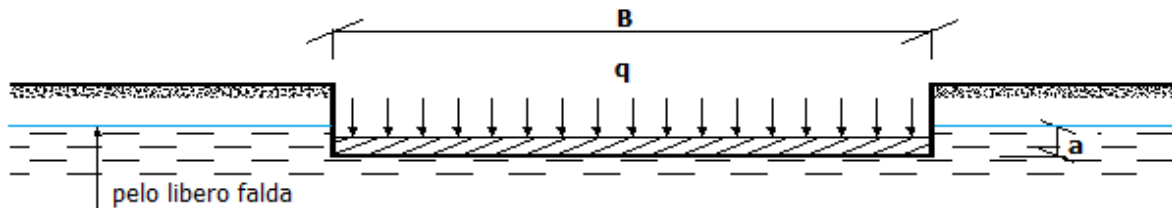


Figura 4 - schematizzazione impostazione di calcolo del carico limite al variare del livello di falda

Se il pelo libero della falda è al di sotto del piano di posa della fondazione di una profondità **d**, tale che:

$$D \leq d \leq D+B, \quad \text{o in altri termini} \quad d < B$$

l'espressione generale del carico limite, valutato in termini di *tensioni effettive*, diviene:

$$q_{lim} = c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c \cdot \Psi_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot g_q \cdot b_q \cdot \Psi_q + \frac{B'}{2} \cdot \left[\gamma'_f + (\gamma_f - \gamma'_f) \cdot \frac{d}{B'} \right] \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot g_\gamma \cdot b_\gamma \cdot \Psi_\gamma \cdot r_\gamma$$

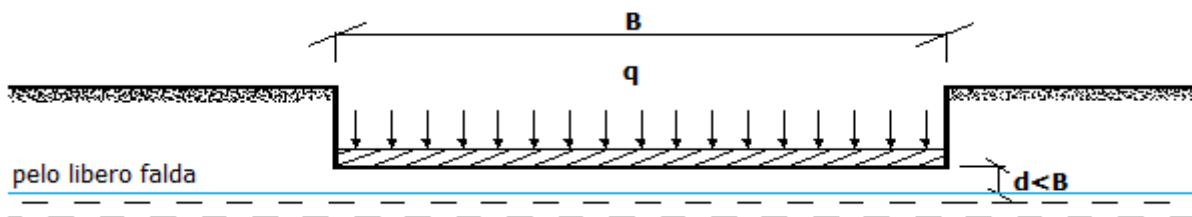


Figura 5 - schematizzazione impostazione di calcolo del carico limite al variare del livello di falda

Se il pelo libero della falda è al di sotto del piano campagna di una profondità **d**, tale che:


$$d \geq D+B, \quad \text{o in altri termini} \quad d \geq B$$

la presenza della falda viene trascurata.

6.1.10 Fattori correttivi al carico limite in presenza di sisma

L'azione del sisma si traduce in accelerazioni nel sottosuolo (**effetto cinematico**) e nella fondazione, per l'azione delle forze d'inerzia generate nella struttura in elevazione (**effetto inerziale**).

Nell'analisi pseudo-statica, modellando l'azione sismica attraverso la sola componente orizzontale, tali effetti possono essere portati in conto mediante l'introduzione di coefficienti sismici rispettivamente denominati **K_{hi}** e

	RELAZIONE GEOTECNICA	Codice	GE.VGL01.PD.0.10
		Data creazione	10/05/2021
		Data ultima modif.	21/06/2021
		Revisione	00
		Pagina	15 di 22

K_{hk} , il primo definito dal rapporto tra le componenti orizzontale e verticale dei carichi trasmessi in fondazione ed il secondo funzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

La formula generale del carico limite si modifica nel seguente modo:

$$q_{lim} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c \cdot \Psi_c \cdot z_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot g_q \cdot b_q \cdot \Psi_q \cdot z_q + \frac{B'}{2} \cdot \gamma_f \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot g_\gamma \cdot b_\gamma \cdot \Psi_\gamma \cdot r_\gamma \cdot z_\gamma \cdot c_\gamma$$

in cui, oltre ai termini già precedentemente indicati, si sono introdotti i seguenti termini:

z_c, z_q, z_γ = coefficienti correttivi dovuti all'effetto inerziale;

c_γ = coefficiente correttivo dovuto all'effetto cinematico.

6.1.11 Calcolo del fattore correttivo dovuto all'effetto cinematico c_γ

L'effetto cinematico modifica il solo coefficiente N_γ in funzione del coefficiente sismico K_{hk} che è pari a:

$$K_{hk} = \beta_s \cdot S_s \cdot S_T \cdot a_g / g;$$

dove:

β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

g = accelerazione di gravità;

S_s = coefficiente di amplificazione stratigrafica;

S_T = coefficiente di amplificazione topografica;

a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

I valori di β_s sono riportati nella seguente tabella:

Tabella 21 - I valori di β in funzione della categoria di sottosuolo

	A	B,C,D,E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20

Il fattore correttivo dovuto all'effetto cinematico c_γ è stato, pertanto, determinato con la seguente relazione:

Tabella 22 - fattori correttivi formula del carico limite in funzione dell'effetto cinematico

Terreni puramente coesivi ($c \neq 0, \phi = 0$)	Terreni dotati di attrito e coesione ($c \neq 0, \phi \neq 0$)
$c_\gamma = 1$	$c_\gamma = \left(1 - \frac{K_{hk}}{\tan \phi}\right)^{0.45}$ se $\frac{K_{hk}}{\tan \phi} < 1$, altrimenti $c_\gamma = 0$

6.1.12 Calcolo dei fattori correttivi dovuti all'effetto inerziale z_c, z_q, z_γ

L'effetto inerziale produce variazioni di tutti i coefficienti di capacità portante del carico limite in funzione del coefficiente sismico K_{hi} .

Tali effetti correttivi vengono valutati con la teoria di **Paolucci - Pecker** attraverso le seguenti relazioni:


	RELAZIONE GEOTECNICA	Codice	GE.VGL01.PD.0.10
		Data creazione	10/05/2021
		Data ultima modif.	21/06/2021
		Revisione	00
		Pagina	16 di 22

Tabella 23 - fattori correttivi formula del carico limite in funzione dell'effetto inerziale

Terreni puramente coesivi ($c \neq 0, \phi = 0$)	Terreni dotati di attrito e coesione ($c \neq 0, \phi \neq 0$)	
$Z_c = Z_q = Z_\gamma = 1$	$Z_c = 1 - 0,32 \cdot K_{hi}$	se $z_c > 0$ altrimenti $z_c = 0$
	$Z_\gamma = Z_q = \left(1 - \frac{K_{hi}}{\tan \phi}\right)^{0.35}$	se $\frac{K_{hi}}{\tan \phi} < 1$ altrimenti $z_\gamma = z_q = 0$

dove:

K_{hi} è ricavato dallo spettro di progetto allo SLV attraverso la relazione:

$$K_{hi} = S_S \cdot S_T \cdot a_g / g;$$

i cui termini sono stati precedentemente precisati.

Si fa notare che il coefficiente sismico K_{hi} coincide con l'ordinata dello spettro di progetto allo SLU per $T = 0$ ed è indipendente dalle combinazioni di carico.

6.2 Grafici sintetici fondazioni superficiali

Di seguito i risultati maggiormente significativi per le fondazioni superficiali, riportati i risultati sotto forma di grafici sintetici:

Tabella 24 - carico limite A01-A02-A03-A07

lc	N [kN]	Np [kN]	Qu [kN]	Qup [kN]	Qd [kN]	Nt [kN]	FS
8	57970,30	0,00	4274062,40	0,00	1858288,00	57970,30	32.056 (8)

Simbologia adottata

- lc Indice combinazione
- N Carico verticale trasmesso al terreno, espresso in [kN]
- Np Carico verticale trasmesso ai pali, espresso in [kN]
- Qu Portanza ultima terreno, espressa in [kN]
- Qup Portanza ultima pali, espressa in [kN]. Solo per fondazione mista
- Qd Portanza di progetto $((P_u + P_{up})/\eta)$, espressa in [kN]
- Nt Carico verticale trasmesso al terreno (N+Np), espresso in [kN]
- FS Fattore di sicurezza a carico limite (Pd/Nt). Tra parentesi viene riportato l'indice della combinazione con fattore di sicurezza minimo.

Tabella 25 - carico limite A04

lc	N [kN]	Np [kN]	Qu [kN]	Qup [kN]	Qd [kN]	Nt [kN]	FS
8	57970,30	0,00	4178588,64	0,00	1816777,67	57970,30	31.340 (8)

Simbologia adottata

- lc Indice combinazione
- N Carico verticale trasmesso al terreno, espresso in [kN]
- Np Carico verticale trasmesso ai pali, espresso in [kN]
- Qu Portanza ultima terreno, espressa in [kN]
- Qup Portanza ultima pali, espressa in [kN]. Solo per fondazione mista
- Qd Portanza di progetto $((P_u + P_{up})/\eta)$, espressa in [kN]
- Nt Carico verticale trasmesso al terreno (N+Np), espresso in [kN]
- FS Fattore di sicurezza a carico limite (Pd/Nt). Tra parentesi viene riportato l'indice della combinazione con fattore di sicurezza minimo.

Tabella 26 - carico limite A05-A06


lc	N [kN]	Np [kN]	Qu [kN]	Qup [kN]	Qd [kN]	Nt [kN]	FS
8	57970,30	0,00	435100,81	0,00	189174,26	57970,30	3.263 (8)

Simbologia adottata

- lc Indice combinazione
- N Carico verticale trasmesso al terreno, espresso in [kN]
- Np Carico verticale trasmesso ai pali, espresso in [kN]

Ten Project

Sede legale ed operativa: Via A. De Gasperi 61 - 82018 San Giorgio del Sannio (BN) - Sede Operativa: Via Alfonso la Cava 114 - 71036 Lucera (FG)

	RELAZIONE GEOTECNICA	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.VGL01.PD.0.10 10/05/2021 21/06/2021 00 17 di 22
---	-----------------------------	---	--

- Qu Portanza ultima terreno, espressa in [kN]
 Qup Portanza ultima pali, espressa in [kN]. Solo per fondazione mista
 Qd Portanza di progetto $((P_u + P_{up})/\eta)$, espressa in [kN]
 Nt Carico verticale trasmesso al terreno $(N + N_p)$, espresso in [kN]
 FS Fattore di sicurezza a carico limite (P_d/N_t) . Tra parentesi viene riportato l'indice della combinazione con fattore di sicurezza minimo.

Geotecnica

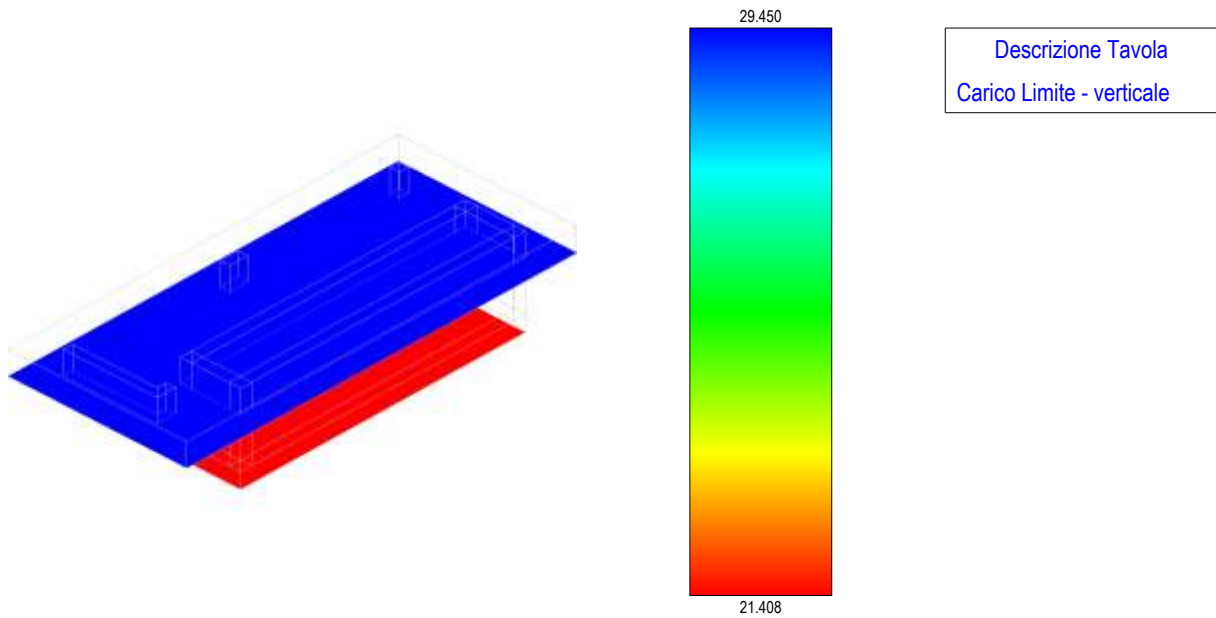


Figura 6 - carico limite – fondazione cabina di raccolta

Geotecnica

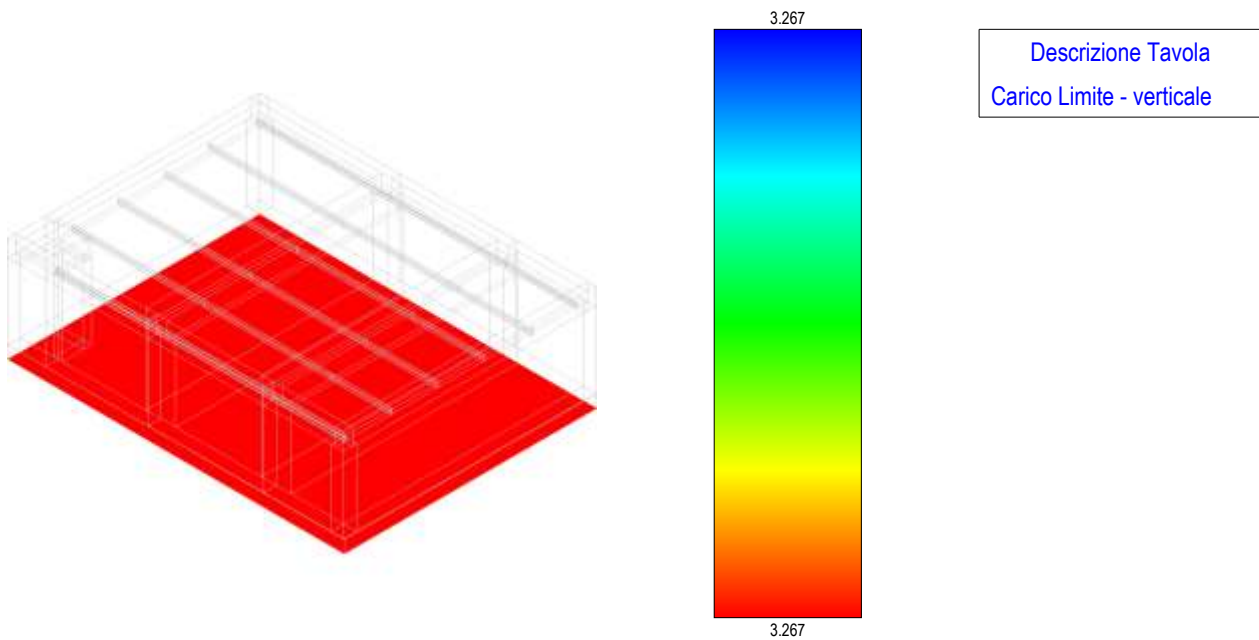



Figura 7 - carico limite – fondazione trasformatore

	<p align="center">RELAZIONE GEOTECNICA</p>	<p>Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina</p>	<p>GE.VGL01.PD.0.10 10/05/2021 21/06/2021 00 18 di 22</p>
---	---	--	---

Geotecnica

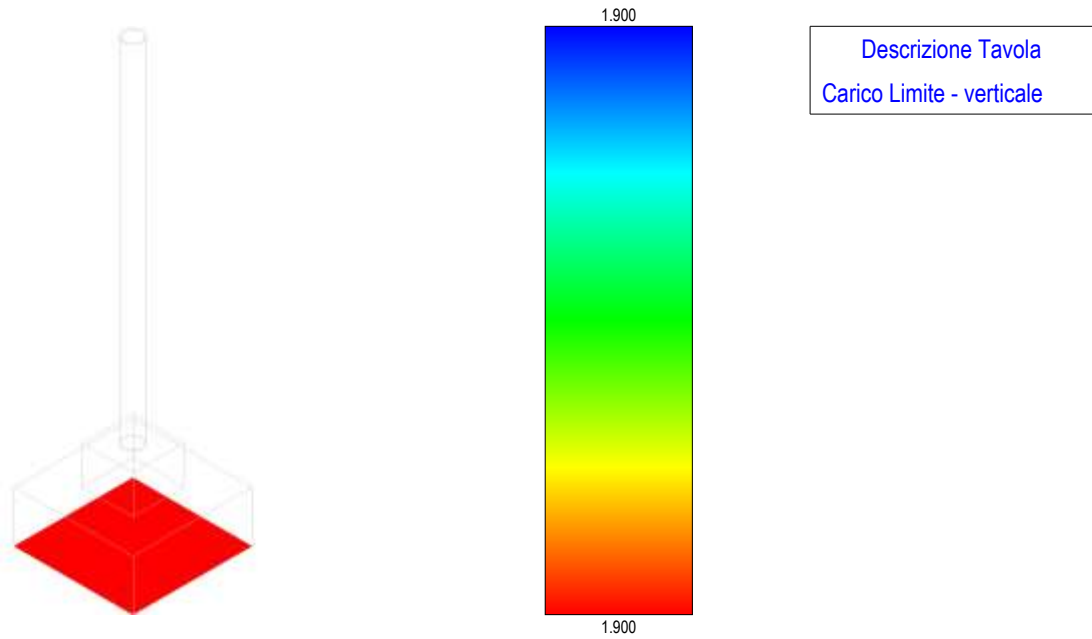


Figura 8 - carico limite – fondazione scaricatore

Geotecnica

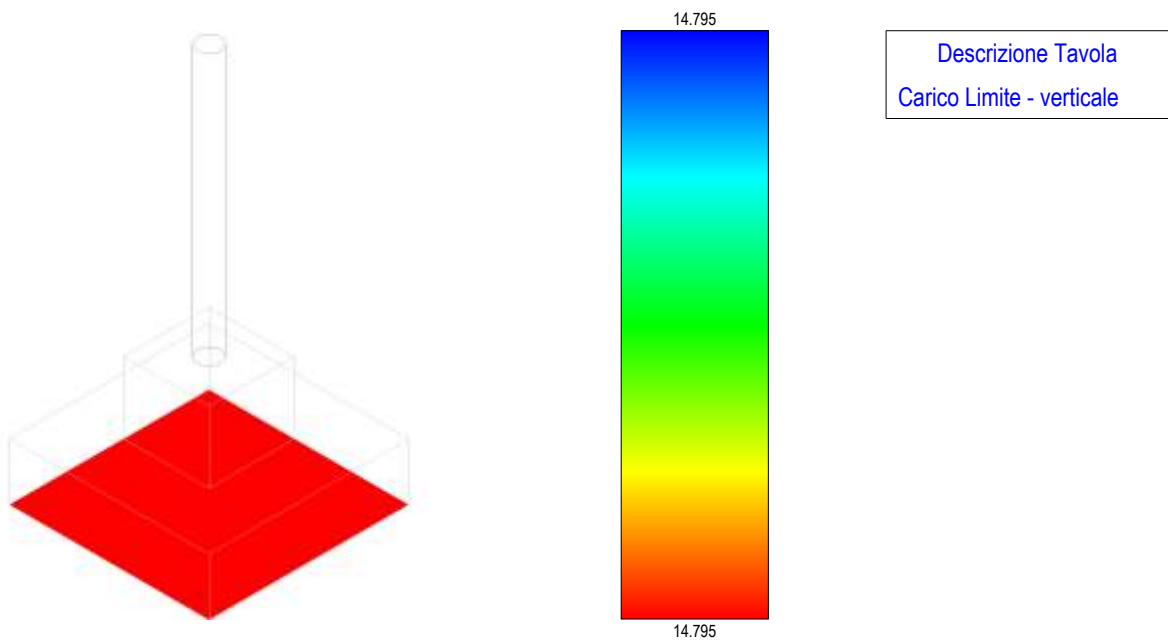



Figura 9 - carico limite – fondazione TVC

	<p align="center">RELAZIONE GEOTECNICA</p>	<p>Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina</p>	<p>GE.VGL01.PD.0.10 10/05/2021 21/06/2021 00 19 di 22</p>
---	---	--	---

Geotecnica

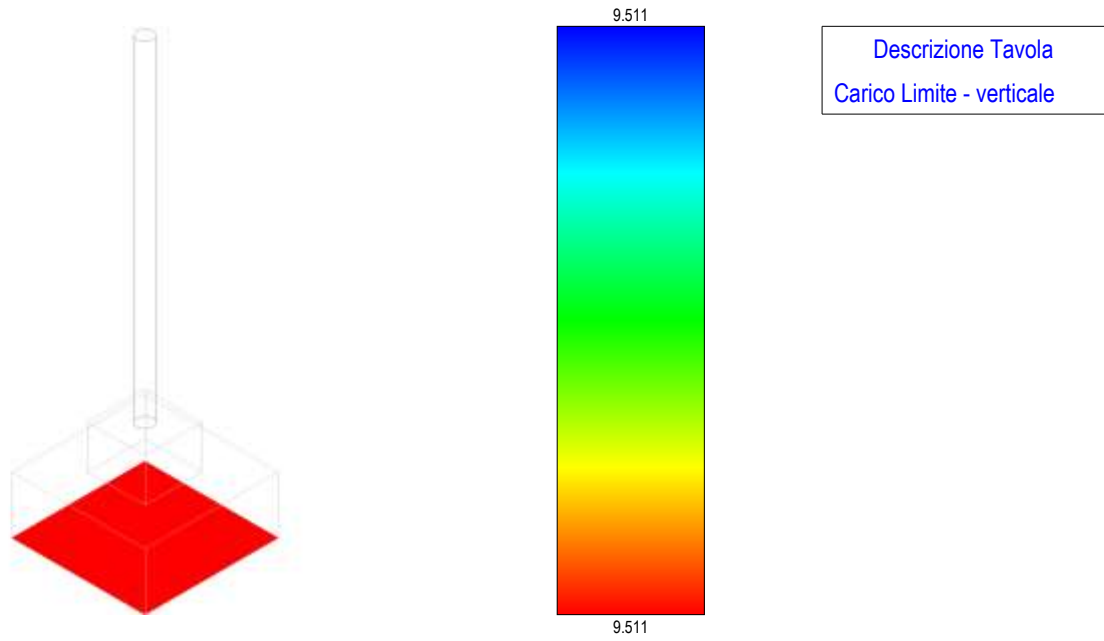


Figura 10 - carico limite – fondazione TVI

Geotecnica

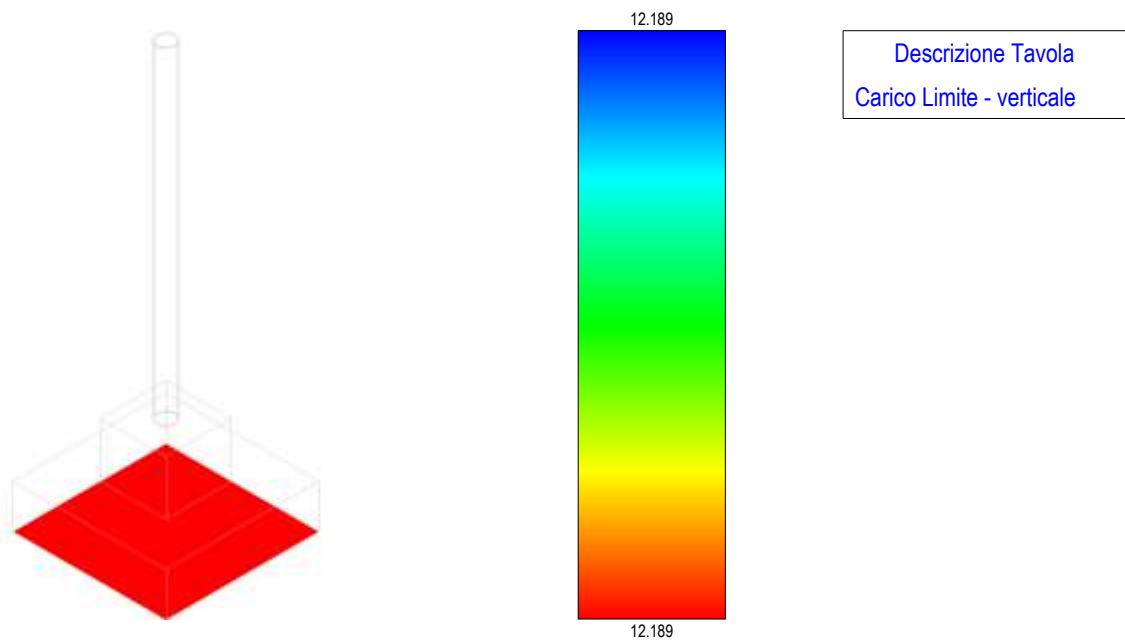



Figura 11 - carico limite – fondazione TA

	RELAZIONE GEOTECNICA	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.VGL01.PD.0.10 10/05/2021 21/06/2021 00 20 di 22
---	-----------------------------	---	--

Geotecnica

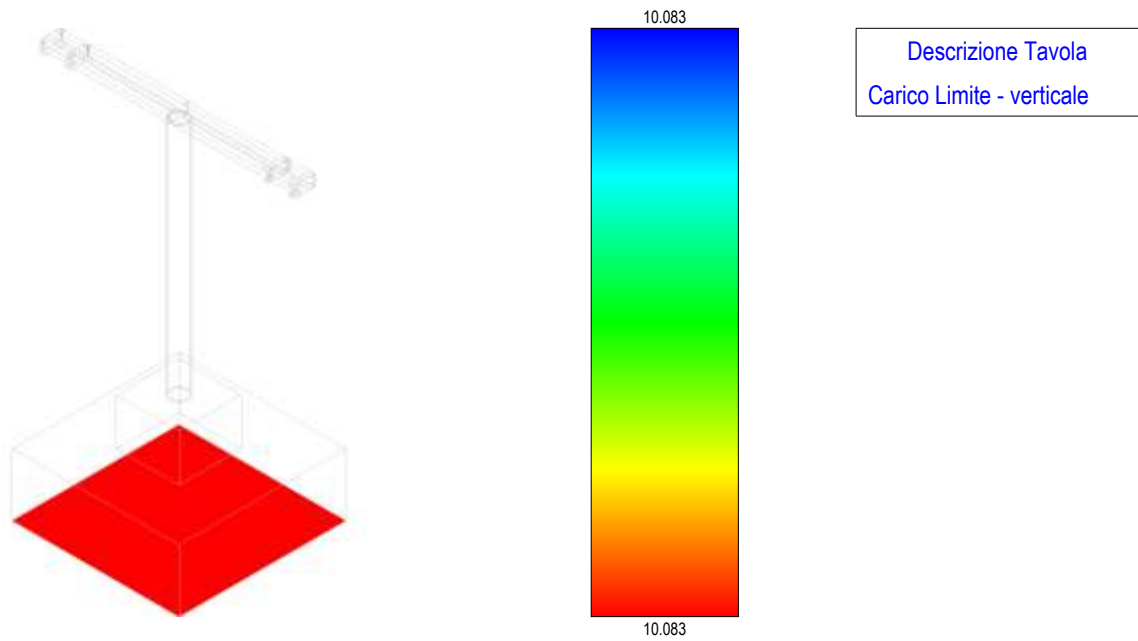


Figura 12 - carico limite – fondazione terminale cavo AT

Geotecnica

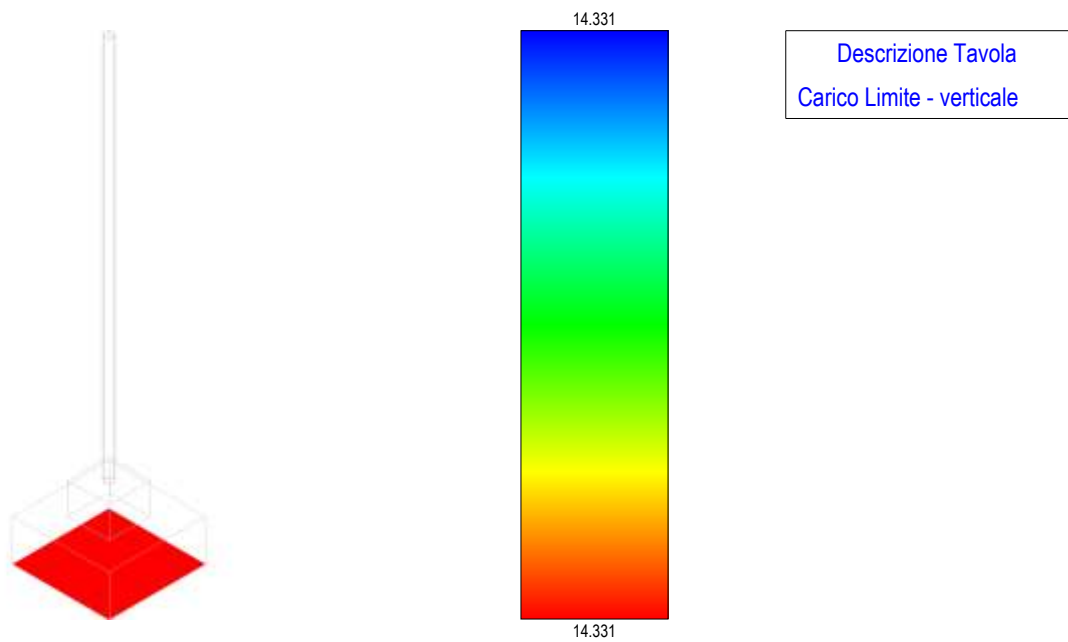



Figura 13 - carico limite – fondazione M.A.T. neutro

	<p align="center">RELAZIONE GEOTECNICA</p>	<p>Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina</p>	<p>GE.VGL01.PD.0.10 10/05/2021 21/06/2021 00 21 di 22</p>
---	---	--	---

Geotecnica

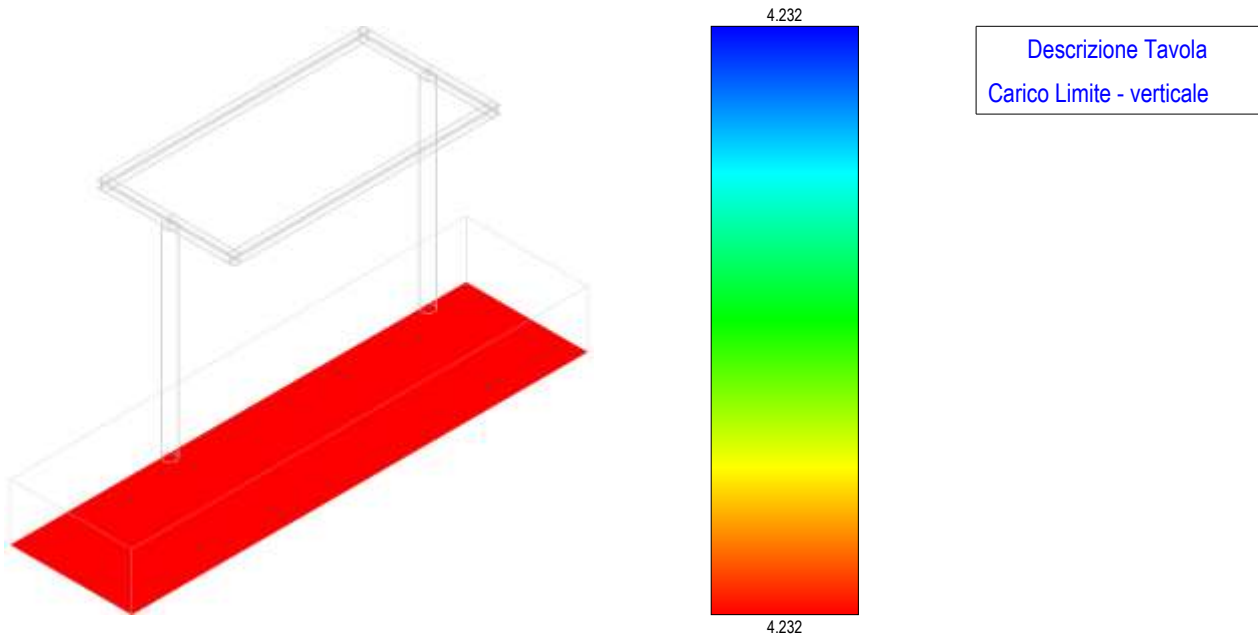


Figura 14 - carico limite – fondazione sezionatore

Geotecnica

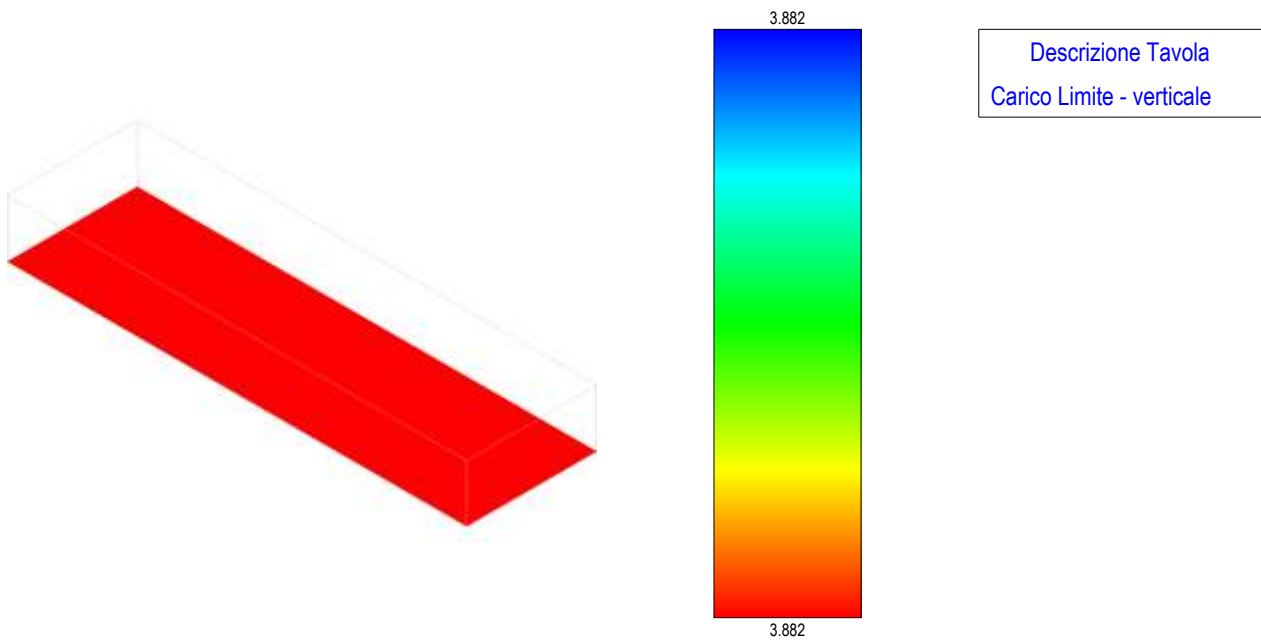



Figura 15 - carico limite – fondazione interruttore

	<p align="center">RELAZIONE GEOTECNICA</p>	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	GE.VGL01.PD.0.10 10/05/2021 21/06/2021 00 22 di 22
---	---	---	--

Geotecnica

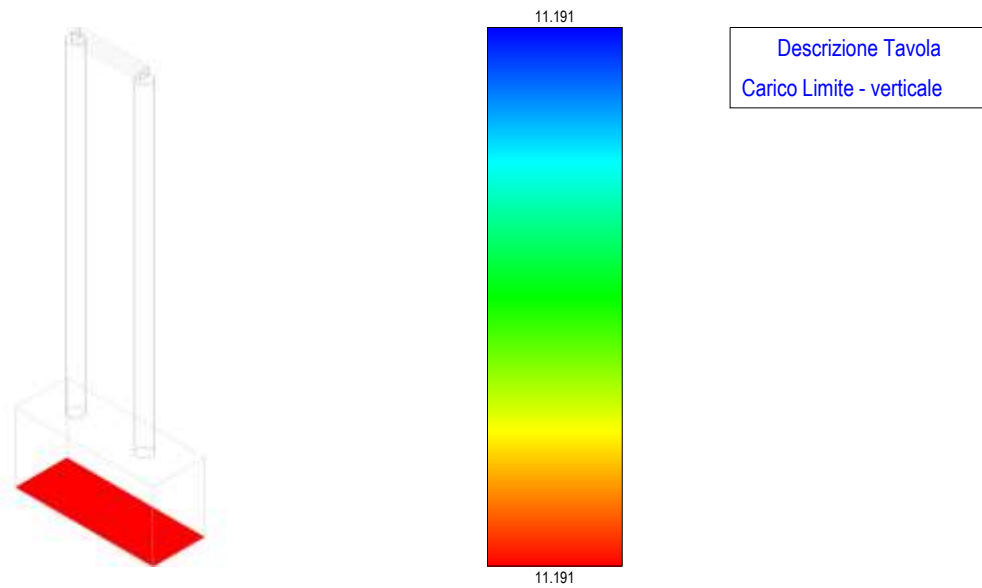


Figura 16 - carico limite – fondazione arrivo cavi MT

Geotecnica

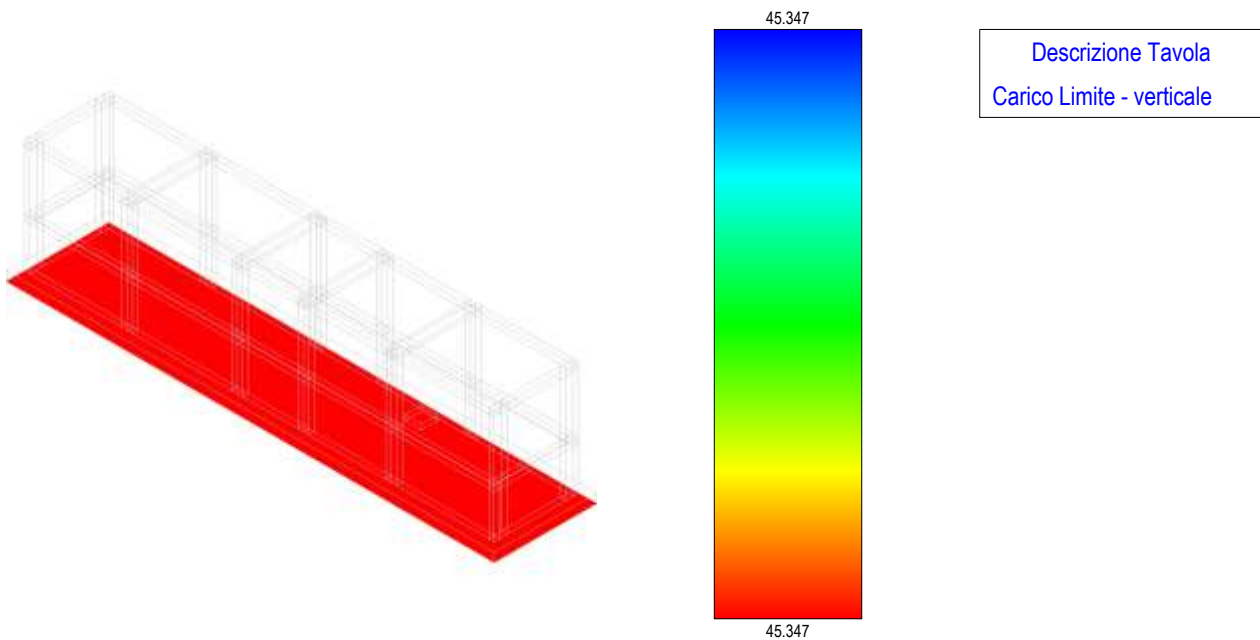


Figura 17 - carico limite – fondazione edificio