Firmato digitalmente da: Gianluca Veneroni
Data: 06/06/2023 17:43:02

COMMITTENTE

GRV Wind Sardegna 5 s.r.l.
Via Durini, 9 Tel. +39.02.5004315920122
Milano PEC:
grvwindsardegna5@legalmail.it

GRV WIND SARDEGNA 5 S.r.l.
Via Durini, 9
20122 Milano (MI)
P. IVA 11875460963

PROGETTISTI

Progettisti:
ing. Mariano Marseglia
ing. Giuseppe Federico Zingarelli

M&M ENGINEERING S.r.l.
Sede Operativa:
Via I Maggio, n.4 Tel./fax +39.0885.791912
Orta Nova (FG) Mail: ing.marianomarseglia@gmail.com

Collaborazioni:
Ing, Giovanna Scuderi
Ing. Dionisio Staffieri

REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PROVINCIA SASSARI

COMUNE ERULA

COMUNE TULA

PROGETTO

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DENOMINATO "SA FIURIDA" COMPOSTO DA 5 AEROGENERATORI DA 6,3 MW, PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 31,5 MW SITO NEL COMUNE DI ERULA (SS), CON OPERE DI CONNESSIONE NEL COMUNE DI ERULA E TULA (SS)

ELABORATO

Titolo:

RELAZIONE GEOTECNICA

Tav./Doc.: **GEO-08**

Codice elaborato: **EOL-GEO-08**

Scala/Formato: A4

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ELABORAZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE
0	Aprile/2022	Prima emissione	M&M	M&M	GRVALUE

INDICE

1. PREMESSA 3
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO 4
3. DESCRIZIONE DELLE OPERE E DEGLI INTERVENTI 5
4. PERICOLOSITÀ SISMICA 6
5. PROBLEMI GEOTECNICI E SCELTE TIPOLOGICHE 7
6. RISULTATI DELLE ANALISI E LORO COMMENTO 11

1. PREMESSA

Nella presente relazione si sono analizzate le caratteristiche geotecniche dei terreni costituenti l'area di fondazione degli aerogeneratori riferita al progetto per la realizzazione di un parco eolico proposto dalla società **GRV Wind Sardegna 5 s.r.l.** con sede legale a Milano, Via Durini, n. 9.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971. Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.

- Legge nr. 64 del 02/02/1974. Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988. Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- D.M. LL.PP. del 14/02/1992. Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- D.M. 9 Gennaio 1996. Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche

- D.M. 16 Gennaio 1996. Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'

- D.M. 16 Gennaio 1996: Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C. Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG. Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.

- Norme Tecniche per le costruzioni D.M. 17/01/2018. Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17/01/2018

3. DESCRIZIONE DELLE OPERE E DEGLI INTERVENTI

La natura e le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione rendono possibile la realizzazione di fondazioni superficiale.

In particolare, le fondazioni della torre eolica in oggetto sono costituite da una platea in conglomerato cementizio armato, posti ad una profondità media di m. 3 dal piano campagna di forma circolare di raggio pari a m.14.00

I valori delle sollecitazioni nella platea sono riportati nell'allegato "Relazione dei Calcoli" dove vengono determinate le armature e i carichi limite con confronto delle sollecitazioni indotte dalla sovrastruttura.

4. PERICOLOSITÀ SISMICA

Definizione della pericolosità sismica di base secondo le NTC 2018 tramite una griglia regolare che copre tutto il territorio nazionale. Nei nodi della griglia l'INGV ha calcolato l'accelerazione sismica massima attesa, sulla base di quest'ultima vengono calcolati i parametri di pericolosità sismica:

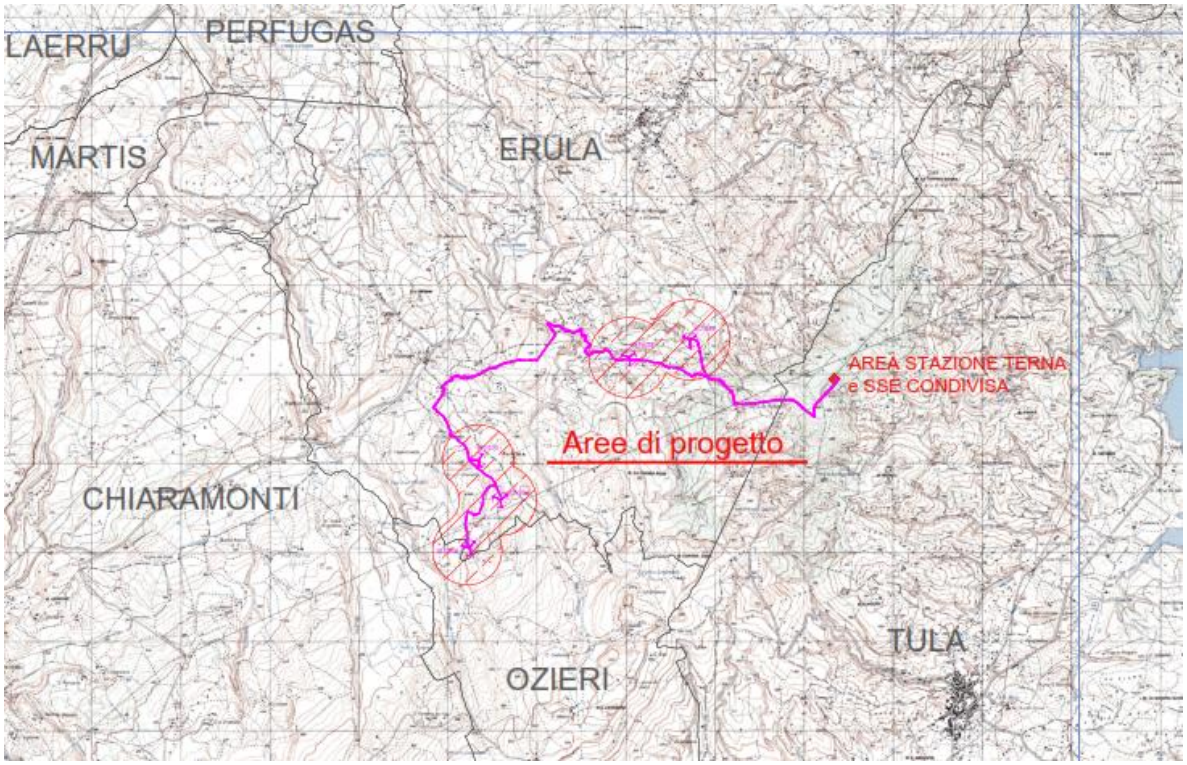


Figura 4.1- Inquadramento geografico su IGM

VITA NOMINALE:	CLASSE DI UTILIZZO:
100 (anni)	Classe IV
VITA DI RIFERIMENTO:	SPETTRO:
200	SLV 10%
PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO DELLA VITA DI RIFERIMENTO:	PERIODO DI RITORNO
10 %	1898 (anni)
LATITUDINE:	LONGITUDINE:
40.78972	8.94339

AG/G:	F0:	TC:
0.0703	3.06	0.39

5. PROBLEMI GEOTECNICI E SCELTE TIPOLOGICHE

Dall'analisi dei risultati delle indagini geognostiche, in considerazione della stratigrafia del terreno, delle caratteristiche geomeccaniche del terreno e dei carichi trasmessi sul terreno dalla struttura si ritiene idonea il tipo di fondazioni superficiale.

Caratteristiche litostratigrafiche

Dalla Relazione Geologica si assumono i parametri relativi alla geomorfologia e litostratigrafia.

Non è presente la falda acquifera

Le caratteristiche geomeccaniche del terreno di base che interagisce con la struttura sono:

SCHEMA STRATIGRAFICO

Affioramento metamorfico in facies sub lapidea

φ': 30,54°

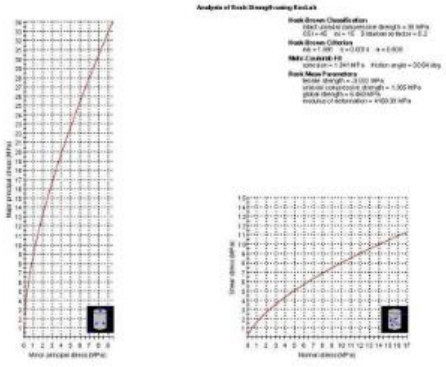
c': 18,76 kg/cm2

Peso di Volume: 2400 kg/m3

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial compressive strength = 38 MPa

GSI = 45 mi = 15 Disturbance factor = 0.2



Affioramento piroclastiti in facies ignimbritica sub lapidea

φ': 32,30°

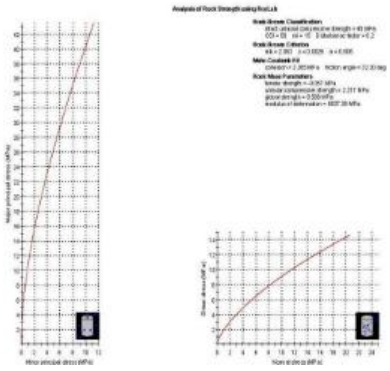
c': 24,06 kg/cm2

Peso di Volume: 2500 kg/m3

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial compressive strength = 45 MPa

GSI = 50 mi = 15 Disturbance factor = 0.2



Caratterizzazione sismica del suolo di fondazione:

La Categoria di suolo di fondazione è:

Categoria B

Carico limite

Metodo calcolo portanza

Il rapporto fra il carico limite in fondazione e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi deve essere superiore a η_q. Cioè, detto Q_u, il carico limite ed *R* la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

$$\frac{Q_u}{R} >= \eta_q$$

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare $\eta_q>=1.0$

Le espressioni di Hansen per il calcolo della capacità portante si differenziano a secondo se siamo in presenza di un terreno puramente coesivo ($\phi=0$) o meno e si esprimono nel modo seguente:

Caso generale

$$q_u = cN_cs_cd_ci_cg_cb_c + qN_qs_qd_qi_qg_qb_q + 0.5B\gamma N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$

Caso di terreno puramente coesivo $\phi=0$

$$q_u = 5.14c(1+s_c+d_c-i_c-g_c-b_c) + q$$

in cui d_c, d_q, d_γ, sono i fattori di profondità; s_c, s_q, s_γ, sono i fattori di forma; i_c, i_q, i_γ, sono i fattori di inclinazione del carico; b_c, b_q, b_γ, sono i fattori di inclinazione del piano di posa; g_c, g_q, g_γ, sono i fattori che tengono conto del fatto che la fondazione poggi su un terreno in pendenza.

I fattori N_c, N_q, N_γ sono espressi come:

$N_q = e^{\pi tg\phi}K_p$

$N_c = (N_q - 1)ctg\phi$

$N_\gamma = 1.5(N_q - 1)tg\phi$

Vediamo ora come si esprimono i vari fattori che compaiono nella espressione del carico ultimo.

Fattori di forma

per $\phi=0$ $\quad s_c = 0.2\frac{B}{L}$

per $\phi>0$ $\quad s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c}\frac{B}{L}$

$$s_q = 1 + \frac{B}{L}tg\phi$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4\frac{B}{L}$$

Fattori di profondità

Si definisce il parametro *k* come

$$k = \frac{D}{B} \quad se \quad \frac{D}{B} <= 1$$

$$k = arctg\frac{D}{B} \quad se \quad \frac{D}{B} > 1$$

I vari coefficienti si esprimono come

per $\phi=0$ $d_c = 0.4k$

per $\phi>0$ $d_c = 1 + 0.4k$

$d_q = 1+2tg\phi(1-sin\phi)^2k$

$d_\gamma = 1$

Fattori di inclinazione del carico

Indichiamo con *V* e *H* le componenti del carico rispettivamente perpendicolare e parallela alla base e con A_f l'area efficace della fondazione ottenuta come $A_f = B'xL'$ (B' e L' sono legate alle dimensioni effettive della fondazione *B, L* e all'eccentricità del carico e_B, e_L dalle relazioni $B' = B-2e_B$ $L' = L-2e_L$) e con η l'angolo di inclinazione della fondazione espresso in gradi ($\eta=0$ per fondazione orizzontale).

I fattori di inclinazione del carico si esprimono come:

per $\phi = 0$ $$i_c = 1/2(1-[1-\frac{H}{A_f c_a}]^{0.5})$$

per $\phi > 0$ $$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

$$i_q = (1 - \frac{0.5H}{V + A_f c_a ctg\phi})^5$$

per $\eta = 0$ $$i_\gamma = (1 - \frac{0.7H}{V + A_f c_a ctg\phi})^5$$

per $\eta > 0$ $$i_\gamma = (1 - \frac{(0.7-\eta°/450°)H}{V + A_f c_a ctg\phi})^5$$

Fattori di inclinazione del piano di posa della fondazione

per $\phi=0$ $$b_c = \frac{\eta°}{147°}$$

per $\phi>0$ $$b_c = 1 - \frac{\eta°}{147°}$$

$b_q = e^{-2\eta tg\phi}$

$b_\gamma = e^{-2.7\eta tg\phi}$

Fattori di inclinazione del terreno

Indicando con β la pendenza del pendio i fattori *g* si ottengono dalle espressioni seguenti:

per $\phi=0$ $\quad g_c = \dfrac{\beta°}{147°}$

per $\phi>0$ $\quad g_c = 1 - \dfrac{\beta°}{147°}$

$$g_q = g_\gamma = (1-0.05tg\beta)^5$$

Per poter applicare la formula di Hansen devono risultare verificate le seguenti condizioni:

$H < Vtg\delta + A_f c_a$

$\beta <= \phi$

$i_q, i_\gamma > 0$

$\beta + \eta <= 90°$

6. RISULTATI DELLE ANALISI E LORO COMMENTO

Dalle analisi geomorfologiche e dalle verifiche geotecniche svolte ne risulta che i valori di verifica sono accettabili pertanto il progetto proposto è realizzabile.

Carico limite

Simbologia adottata

Ic 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 ((Pu+Pup)/η), 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.

Ic	N	Np	Qu	Qup	Qd	Nt	FS
	[kN]	*[kN]*	*[kN]*	*[kN]*	*[kN]*	*[kN]*	
1	41998,76	0,00	22987050,67	0,00	9994369,85	41998,76	237.968 (1)

Scorrimento

Simbologia adottata

n° Indice plinto

T Carico orizzontale trasferito al terreno, espresso in [kN]

Tp Carico orizzontale trasferito ai pali, espresso in [kN]

Ru Resistenza ultima allo scorrimento, espressa in [kN]

Rd Resistenza di progetto allo scorrimento, espressa in [kN]

FS Fattore di sicurezza allo scorrimento (Rd/T). Tra parentesi viene riportato l'indice della combinazione con fattore di sicurezza minimo.

n°	T	Tp	Ru	Rd	FS
	[kN]	*[kN]*	*[kN]*	*[kN]*	
1	1900,00	0,00	580793,96	527994,51	277.892 (1)

Si prescrive che:

- in corso d'opera si deve riscontrare la rispondenza della caratterizzazione geotecnica assunta in progetto e la situazione reale.
- la sistemazione esterna dovrà evitare infiltrazioni di acqua tale da variare le caratteristiche geomeccaniche del terreno di fondazione.