



COMUNE DI
ESTERZILI



COMUNE DI
ESCALAPLANO

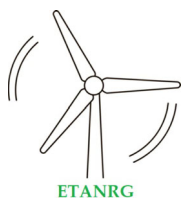


PROVINCIA DEL
SUD SARDEGNA



REGIONE AUTONOMA
DELLA SARDEGNA

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO
DENOMINATO " ESTERZILI/ESCALAPLANO " COMPOSTO DA 11
AEROGENERATORI DA 5,6 MW PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI
61,60 MW SITO NEI COMUNI DI ESTERZILI ED ESCALAPLANO (SU), CON
OPERE DI CONNESSIONE



Proponente:
ETANRG SRL
Via Pietro Cossa n. 5
20122 Milano (MI)

Antonino Apreda

ETANRG S.R.L.

Progettazione:
LEONARDO ENGINEERING SRL
Viale Lamberti snc
81100 Caserta

Ing. Giovanni Savarese



Elaborato	EE.PD.GEO.02	RELAZIONE GEOTECNICA			
Cod. pratica	Data	Consegna	Formato	Scala	Livello progettuale
EE_01	18/12/2023		A4	-	Progetto definitivo

REVISIONI	Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato
	01	Dicembre 2023	Prima emissione	G. Donnarumma	V. Vanacore	M. Afeltra

Il presente elaborato è di proprietà della Leonardo Engineering srl

E' vietata la comunicazione a terzi e/o la riproduzione senza il preventivo permesso scritto della suddetta società. La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.



ESTERZILI



ESCALAPLANO

PARCO EOLICO "ESTERZILI/ESCALAPLANO"
11 AEROGENERATORI DA 5,6 MW
POTENZA COMPLESSIVA 61,6 MW



REGIONE AUTONOMA
DELLA SARDEGNA

Sommario

PREMESSA	2
INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO E URBANISTICO	4
INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE	6
a) Studio Geotecnico	6
b) Verifiche geotecniche	7
<i>Fondazioni aerogeneratori</i>	10
<i>Fondazioni cabine e strutture</i>	12
CONCLUSIONI	14
ALLEGATO 1	16
ALLEGATO 2	24



ETANRG SRL
Via Pietro Cossa
20122 MILANO (MI)



LEONARDO ENGINEERING SRL
Viale Lamberti 29
81100 CASERTA (CE)



ESTERZILI



ESCALAPLANO

PARCO EOLICO "ESTERZILI/ESCALAPLANO"
11 AEROGENERATORI DA 5,6 MW
POTENZA COMPLESSIVA 61,6 MW



REGIONE AUTONOMA
DELLA SARDEGNA

PREMESSA

La presente relazione geotecnica è stata realizzata al fine di predisporre il progetto per la realizzazione di un impianto per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica proposto dalla società ETANRG S.r.l.

La proposta progettuale è finalizzata alla realizzazione di un impianto eolico per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica, costituito da 11 aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 5,6 MW per una potenza complessiva di 61,6 MW, da realizzarsi nei territori comunali di Esterzili ed Escalaplano e delle relative opere di connessione alla Cabina Utente che si collegherà con cavidotto AT alla stazione Elettrica Terna.

Il presente studio ha avuto lo scopo di analizzare principalmente le condizioni geotecniche dell'area interessata dai lavori; per meglio definire i parametri relativi alla stabilità del terreno in cui dovranno essere eseguite le opere sono stati analizzati i dati desunti da alcuni tagli stradali situati in prossimità dell'area di studio.



ETANRG SRL
Via Pietro Cossa
20122 MILANO (MI)



LEONARDO ENGINEERING SRL
Viale Lamberti 29
81100 CASERTA (CE)



ESTERZILI



ESCALAPLANO

PARCO EOLICO "ESTERZILI/ESCALAPLANO"
11 AEROGENERATORI DA 5,6 MW
POTENZA COMPLESSIVA 61,6 MW



REGIONE AUTONOMA
DELLA SARDEGNA

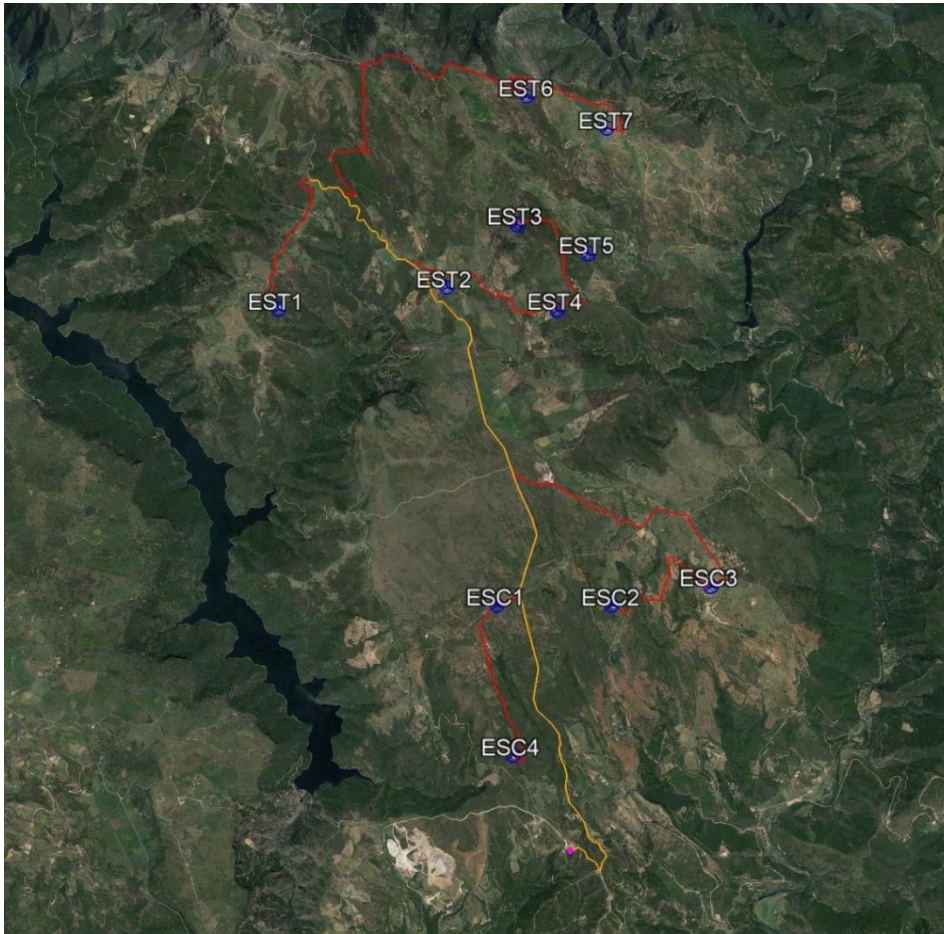


Foto 1: area di studio

Il presente studio si articola essenzialmente nei seguenti punti:

- raccolta sistematica di materiale bibliografico riguardante indagini e studi eseguiti nel settore; analisi ed elaborazione dei dati bibliografici e statistici;
- rilevamento geolitologico di superficie dell'area oggetto di studio e del territorio circostante;
- rilevamento geomorfologico mediante indagini dirette e con l'ausilio della fotointerpretazione ai fini della determinazione ed individuazione di eventuali fenomeni di erosione, di instabilità dei versanti, dei dissesti in atto o potenziali e dei principali elementi strutturali e di evoluzione morfodinamica;



ETANRG SRL
Via Pietro Cossa
20122 MILANO (MI)



LEONARDO ENGINEERING SRL
Viale Lamberti 29
81100 CASERTA (CE)



ESTERZILI



ESCALAPLANO

PARCO EOLICO "ESTERZILI/ESCALAPLANO"
11 AEROGENERATORI DA 5,6 MW
POTENZA COMPLESSIVA 61,6 MW



REGIONE AUTONOMA
DELLA SARDEGNA

- valutazione delle condizioni climatologiche, idrologiche, idrogeologiche, geopedologiche e di uso del suolo del territorio oggetto di studio e di quello circostante;
- valutazione delle proprietà geotecniche delle Unità litotecniche e analisi stratigrafica di alcuni settori scaturite da indagini dirette; eseguite nel territorio su interventi pubblici e privati;
- interpretazione dei dati e proposta di intervento;
- stesura della relazione finale.

La normativa a cui si è fatto riferimento per l'esecuzione dell'indagine è la seguente:

- D.M. 11.03.1988 recante le "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilizzazione dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";
- Legge 11.02.1994 N° 109 Legge quadro in materia di lavori pubblici, e successive modificazioni;
- D.P.R. N° 554 del 21.12.1999 – Regolamento di attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici, e successive modificazioni;
- Nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni 17 gennaio 2018;
- D.M. 17/01/2018 e norme tecniche applicative del Decreto (Tabelle 3.2.II e 3.2.III)

INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO E URBANISTICO

Il campo eolico è ubicato nei comuni di Escalaplano e Esterzili nella provincia del Sud Sardegna, nell'area centro-orientale della Sardegna che rientra nelle regioni storiche del Sarcidano e del Gerrei.

L'area interessata dal posizionamento degli aerogeneratori si sviluppa nella parte Sud e Sud-Est del territorio comunale di Esterzili e nella parte nord del paese di Escalaplano, in un contesto montano



ETANRG SRL
Via Pietro Cossa
20122 MILANO (MI)



LEONARDO ENGINEERING SRL
Viale Lamberti 29
81100 CASERTA (CE)



PARCO EOLICO "ESTERZILI/ESCALAPLANO"
11 AEROGENERATORI DA 5,6 MW
POTENZA COMPLESSIVA 61,6 MW



caratterizzato da un'altitudine compresa tra i 490 e gli 890 m slm e la distanza minima dal mare si attesta su circa 22 Km.

Il progetto in esame, come già illustrato, è ubicato in parte nel comune di Esterzili e in parte nel comune di Escalaplano per un numero di aerogeneratori pari, rispettivamente a 7 e 4. Le aree di pertinenza del progetto sono destinate sostanzialmente a pascolo e prato naturale con attività pastorali, sono distanti dai centri abitati e dai due Comuni di Esterzili ed Escalaplano, il cui aerogeneratore più prossimo (EST6) dista in linea d'aria circa 6,5 km in linea d'aria dall'area urbana di Esterzili, circa 4 Km (ESC4) in linea d'aria dall'area urbana di Escalaplano. Entrambi i comuni sono siti nella provincia del Sud Sardegna (Regione Sardegna).

Il Comune di Esterzili risulta dotato di un Piano Urbanistico Comunale (PUC) aggiornato al Giugno 1999 ed attualmente in vigore, adottato con deliberazione del C.C. n. 33 del 16/09/1999 e pubblicato sul BURAS n.44 in data 07/12/1999, si evidenzia che è in fase di elaborazione un aggiornamento del vigente PUC.

Il territorio Comunale di Escalaplano è regolamentato da un Programma di Fabbricazione approvato in via definitiva mediante Delibera del Consiglio Comunale n.10 del 07/03/1984, la zonizzazione di tale piano inquadra l'area interessata dal progetto e tutta l'area esterna all'abitato come zona urbanistica omogenea E. Negli anni a seguire lo strumento è stato oggetto di numerose varianti, di cui l'ultima approvata con C.C. n. 21 del 04 Luglio 2005. Il Piano Urbanistico Comunale è stato redatto ed è stato sottoposto a Valutazione Ambientale Strategica. Nelle Norme di Attuazione del PdF, la zona agricola "E" definisce le parti del territorio extraurbano destinate alla coltivazione dei fondi, alla silvicoltura, all'allevamento del bestiame ed alle altre attività produttive connesse, ivi compreso l'agriturismo. Le sottozone ES sono definite " Aree di elevato valore ambientale, marginali per l'insediamento agricolo, costituite in prevalenza da macchia alta, bosco e pascolo arborato di cui si ravvisa la necessità di garantire adeguate condizioni di stabilità ambientale e di tutela".

Con riferimento alle disposizioni contenute nel Programma di Fabbricazione del Comune di Escalaplano, quindi, gli aerogeneratori ESC1, ESC2, ESC3, ESC4 ricadono all'interno della zona E: agricole, mentre le turbine EST1, EST2, EST 3, EST4, EST5, EST6, EST7.



ETANRG SRL
Via Pietro Cossa
20122 MILANO (MI)



LEONARDO ENGINEERING SRL
Viale Lamberti 29
81100 CASERTA (CE)



PARCO EOLICO "ESTERZILI/ESCALAPLANO"
11 AEROGENERATORI DA 5,6 MW
POTENZA COMPLESSIVA 61,6 MW



L'inquadramento catastale e posizione delle installazioni eoliche sono riportati nella seguente tabella:

TURBINA	COMUNE	FOGLIO	PARTICELLA	LATITUDINE	LONGITUDINE
ESC1	ESCALAPLANO	4	88	39,682988°	9,342850°
ESC2	ESCALAPLANO	5	12	39,682143°	9,360507°
ESC3	ESCALAPLANO	2	77	39,683624°	9,375807°
ESC4	ESCALAPLANO	4	22	39,665438°	9,343923°
EST1	ESTERZILI	25	30	39,719873°	9,311614°
EST2	ESTERZILI	26	56	39,721269°	9,338067°
EST3	ESTERZILI	28	7	39,728160°	9,349589°
EST4	ESTERZILI	28	131	39,717674°	9,355072°
EST5	ESTERZILI	28	12	39,724026°	9,360440°
EST6	ESTERZILI	21	74	39,743696°	9,352449°
EST7	ESTERZILI	29	7	39,739125°	9,364645°

INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE

a) Studio Geotecnico

Come già descritto nel progetto, si prevede la realizzazione delle seguenti opere:

- 11 aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 5,6 MW per una potenza complessiva di 61,6 MW, da realizzarsi nei territori comunali di Esterzili ed Escalaplano;
- Cavi interrati 36 kV, per il vettoriamento dell'energia elettrica prodotta dai singoli aerogeneratori verso la cabina di raccolta e smistamento e da quest'ultima verso l'edificio quadri 36 kV nella SE;
- Cabina raccolta e smistamento, di raccolta dei cavidotti a 36 kV provenienti dal parco eolico e dalla quale partirà un successivo cavidotto che verrà collegato con l'edificio quadri 36 kV nella SE;
- Edificio quadri 36 kV, contenente la cabina di raccolta dei cavidotti a 36 kV provenienti dal parco eolico in oggetto e da altri produttori, dalla quale partirà un cavidotto che verrà collegato alla stazione RTN tramite inserimento in antenna a 36 kV con la sezione a 36 kV di una nuova stazione elettrica di trasformazione Terna a 150/36 kV;



ETANRG SRL
Via Pietro Cossa
20122 MILANO (MI)



LEONARDO ENGINEERING SRL
Viale Lamberti 29
81100 CASERTA (CE)



PARCO EOLICO "ESTERZILI/ESCALAPLANO"
11 AEROGENERATORI DA 5,6 MW
POTENZA COMPLESSIVA 61,6 MW



- Nuova stazione elettrica (SE) di trasformazione 150/36 kV RTN da inserire in entra – esce alla linea RTN 150 kV “Goni – Ulassai” da collegare, per il tramite di due nuovi elettrodotti RTN a 150 kV, con una nuova SE di trasformazione RTN a 380/150 kV da inserire in entra – esce alla linea RTN 380 kV “Ittiri – Selargius”.

Lo studio geotecnico permette di verificare le caratteristiche geotecniche dei terreni presenti nell’area di pertinenza delle opere in progetto.

La caratterizzazione geotecnica delle litologie dei terreni su cui verranno realizzate le opere in progetto, si basa sui dati raccolti sul campo, in precedenti lavori svolti nell’area e dall’analisi puntuale di sezioni ritenute rappresentative dell’immediato intorno e riportati nel precedente studio di compatibilità geologica e geotecnica.

Modello geotecnico

Come descritto nei paragrafi precedenti, per la parametrizzazione geotecnica del terreno si è fatto riferimento ad analisi condotte dal sottoscritto nell’ambito di pozzetti stratigrafici realizzati nell’area di studio e di altri lavori svolti nelle immediate vicinanze. La caratterizzazione geotecnica verrà riferita solamente ai sedimenti dell’unità terziaria, che sarà direttamente interessata dalle fondazioni della struttura.

I parametri geotecnici per il terreno sul quale incideranno le fondazioni delle strutture in progetto sono i seguenti:

Angolo di attrito interno $\phi = 22,0^\circ$ Coesione

$c = 34,32 \text{ kN/m}^2$

Il peso di volume del terreno γ , determinato in laboratorio è di pari a 1900 kg/m^3 ($1,90 \text{ g/cm}^3$). $28,44 \text{ kN/m}^3$

b) Verifiche geotecniche

Valutazione della stabilità del fronte di scavo

Gli scavi per la realizzazione delle opere avranno un’altezza variabile tra 1,00 e 3,5 mt ca. Gli scavi interesseranno i sedimenti quaternari e terziari. La larghezza degli scavi dovrà in ogni caso consentire l’esecuzione dei lavori in condizioni di massima sicurezza e in osservanza di tutte le



ETANRG SRL
Via Pietro Cossa
20122 MILANO (MI)



LEONARDO ENGINEERING SRL
Viale Lamberti 29
81100 CASERTA (CE)



PARCO EOLICO "ESTERZILI/ESCALAPLANO"
11 AEROGENERATORI DA 5,6 MW
POTENZA COMPLESSIVA 61,6 MW



norme vigenti in materia. Durante lo scavo, che avverrà a mezzo di macchine escavatrici, saranno poste in essere tutte le precauzioni in materia di sicurezza, prevedendo le opportune opere provvisorie.

Considerato che l'apertura di uno scavo altera sempre la pendenza naturale delle superfici creando i presupposti per incrementi degli sforzi di taglio (i quali possono condurre alla creazione di superfici di rottura e quindi al collasso dello scavo), si riportano i valori dell'angolo di natural declivio in funzione del tipo di terreno.



Abaco per la determinazione dell'angolo di natural declivio per varie litologie/terre

Attraverso la curva di Taylor, ipotizzato un fronte di scavo di altezza H massima pari a 1,0 mt in condizioni verticali ($\beta=90^\circ$) e quindi un fattore di stabilità $N=6,2$, e attribuendo un valore minimo di coesione pari a $34,32 \text{ kN/m}^2$ si ottiene un valore dell'altezza critica di 6,48 mt per un coefficiente di sicurezza FS pari a 1,96 (va considerato che $FS \geq 1,3$).

In condizioni di medio e lungo termine, condizioni nelle quali il terreno perde del tutto le caratteristiche di coesione, sia per le caratteristiche stratigrafiche che geotecniche dei terreni



ETANRG SRL
Via Pietro Cossa
20122 MILANO (MI)



LEONARDO ENGINEERING SRL
Viale Lamberti 29
81100 CASERTA (CE)



PARCO EOLICO "ESTERZILI/ESCALAPLANO"
 11 AEROGENERATORI DA 5,6 MW
 POTENZA COMPLESSIVA 61,6 MW



esaminati, la stabilità dei fronti di scavo potrà essere garantita solamente con angoli di scarpata non superiori a 30–40°.

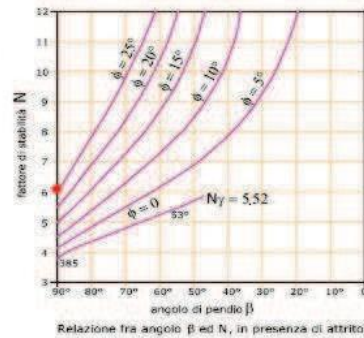
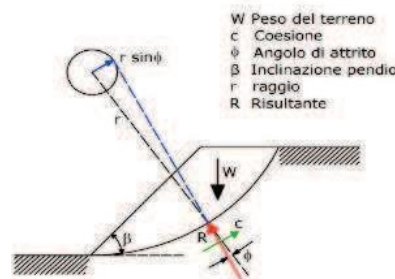
Si suggerisce comunque, di mantenere gli scavi aperti per il minor tempo possibile avendo cura di coprire i fronti (già dal bordo superiore) mediante teli impermeabili in nylon o polietilene. Sarà necessario incanalare, raccogliere ed allontanare le acque ed evitare il carico (anche accidentale) del tratto di monte a ridosso del fronte di scavo. Per quanto lo scavo verrà realizzato non in aderenza a sovraccarichi, si dovrà procedere in sezione parziale con realizzazione di eventuali sottomurazioni, o in alternativa, si dovrà prevedere un lavoro preliminare di consolidamento delle pareti di scavo

METODO DI TAYLOR E CARTE DI STABILITÀ IN TERRENI OMOGENEI

LITOLOGIE OMOGENEE CARATTERIZZATE DA COESIONE E ATTRITO

H = 3,30 [m]
 $\gamma = 2,02$ [t/m³]
 c = 2,11 [t/m²]

$\beta = 90$ [° gradi]
 N = 6,2



Hc = 6,48 [m]

FS = 1,96

H = altezza del fronte di scavo
 γ = peso di volume dello scavo
 c = coesione
 β = inclinazione del pendio
 N = fattore di stabilità
 Hc = altezza critica
 FS = fattore di sicurezza

$$FS = \frac{Hc}{H} = N \cdot \frac{c}{\gamma \cdot H}$$

$$Hc = N \gamma \cdot \frac{c}{\gamma}$$

Determinazione della stabilità del fronte di scavo col metodo di Taylor (caso di scavi su terre)



ETANRG SRL
 Via Pietro Cossa
 20122 MILANO (MI)



LEONARDO ENGINEERING SRL
 Viale Lamberti 29
 81100 CASERTA (CE)

Valutazione della capacità portante delle fondazioni

Fondazioni aerogeneratori

Stimati i parametri geotecnici del terreno, si è proceduto alla valutazione della capacità portante per una fondazione continua tipo circolare.

La normativa vigente prevede che le verifiche della sicurezza e delle prestazioni, eseguite mediante l'identificazione degli stati limite, debbano essere eseguite con il "metodo dei coefficienti parziali" di sicurezza espresso dalla equazione formale (D.M. 14.01.2008 – par.2.3 ripresa poi nel DM 17.01.2018):

$$R_d \geq E_d$$

dove:

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

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

La condizione che deve essere rispettata a proposito della verifica della capacità portante è che la sollecitazione E_d (valore di progetto dell'effetto delle azioni), deve essere in ogni caso minore o uguale alla resistenza di progetto del sistema geotecnico R_d .

Esistono varie formule per il calcolo del carico limite ultimo Q_{lim} , tutte simili e differenziate prevalentemente per l'introduzione di alcuni coefficienti correttivi (coefficiente di capacità portante, fattori di forma, di profondità, ecc.). Ai fini della verifica dello Stato Limite Ultimo (SLU) in relazione al sistema geotecnico (GEO), è stato adottato l'Approccio 2 (A1+M1+R3).

Quindi, per ciò che riguarda i coefficienti parziali γ_M , relativi ai parametri geotecnici del terreno, il valore da adottare è 1; ciò comporta il fatto che i valori di tali parametri, precedentemente stabiliti, vengono mantenuti. Per quanto riguarda il coefficiente parziale γ_R , relativo alle verifiche agli SLU di fondazioni superficiali, l'Approccio 2 indica, per quanto riguarda la capacità portante, il valore $\gamma_R = 2.3$

Per la verifica agli SLU delle fondazioni in studio, in riferimento al sistema geotecnico (GEO) è stato utilizzato il programma di calcolo automatico Load-Cap 2014.01 della Geostru Software (vedi Allegato 1); il calcolo con i relativi coefficienti parziali è stato fatto secondo l'impostazione NTC 2008 del software e tuttora valida poiché le NCT2018 non hanno variato le condizioni per tale verifica.

Nel calcolo, come estrapolato dagli elaborati progettuali, è stata ipotizzata una fondazione continua circolare. Cautelativamente è stato ipotizzato un carico di 4500 Kn/m².

Sulla base di quanto enunciato, i valori di resistenza di progetto più cautelativi sono stati ottenuti con la formula di Terzaghi (1955) sono $R_d = 9665,87 \text{ kN/m}^2$ in condizioni drenate, suggerendo un valore della tensione trasmessa al terreno $E_d = 4500 \text{ kN/m}^2$ e per i quali risulterebbe verificata la condizione $R_d \geq E_d$.

Si riporta di seguito un grafico rappresenta la variazione del carico limite Q_{lim} in funzione della profondità D del piano di posa nell'intervallo compreso tra 1,00–3,20 mt di una fondazione di avente un diametro di $B = 8,40 \text{ mt}$, una volta effettuato lo sbancamento.

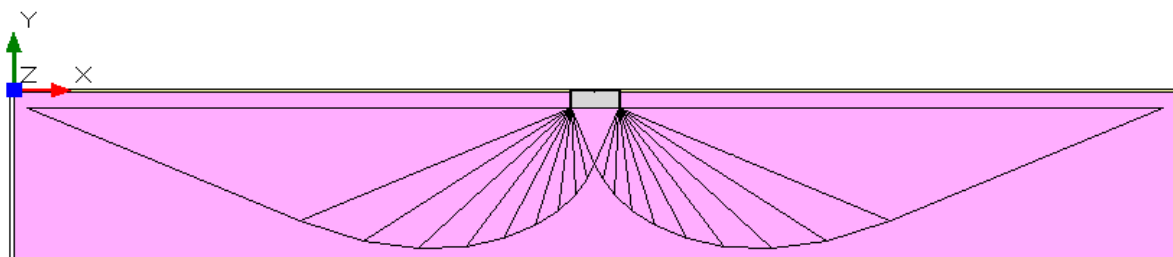


Figura 2 – Sezione fondazioni - stratigrafia

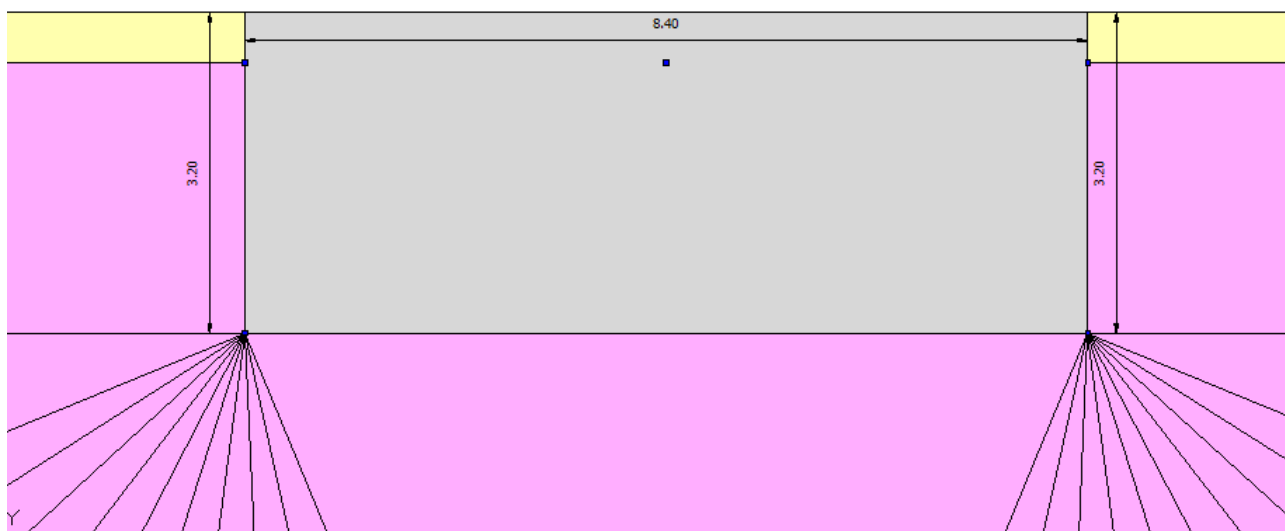


Figura 3 – Sezione fondazioni – stratigrafia (dettaglio)

Per maggiori dettagli dei calcoli effettuati si rimanda al report presente nell'Allegato 1, dove a titolo esemplificativo è stato calcolato il valore di R_d valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico. Per la seguente verifica è stato considerato un sistema di fondazione circolare, con un

diametro $B= 8,4$ mt profondità $D= 3,2$ mt dal piano campagna. Sarà cura del progettista il dimensionamento delle strutture di fondazione sulla base delle ipotesi riportate nel presente studio (vedi allegato 1).

Fondazioni cabine e strutture

Stimati i parametri geotecnici del terreno, si è proceduto alla valutazione della capacità portante per una fondazione continua tipo continuo.

La normativa vigente prevede che le verifiche della sicurezza e delle prestazioni, eseguite mediante l'identificazione degli stati limite, debbano essere eseguite con il “metodo dei coefficienti parziali” di sicurezza espresso dalla equazione formale (D.M. 14.01.2008 – par.2.3 ripresa poi nel DM 17.01.2018):

$$R_d \geq E_d$$

dove:

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

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

La condizione che deve essere rispettata a proposito della verifica della capacità portante è che la sollecitazione E_d (valore di progetto dell'effetto delle azioni), deve essere in ogni caso minore o uguale alla resistenza di progetto del sistema geotecnico R_d .

Esistono varie formule per il calcolo del carico limite ultimo Q_{lim} , tutte simili e differenziate prevalentemente per l'introduzione di alcuni coefficienti correttivi (coefficiente di capacità portante, fattori di forma, di profondità, ecc.). Ai fini della verifica dello Stato Limite Ultimo (SLU) in relazione al sistema geotecnico (GEO), è stato adottato l'Approccio 2 ($A1+M1+R3$).

Quindi, per ciò che riguarda i coefficienti parziali γ_M , relativi ai parametri geotecnici del terreno, il valore da adottare è 1; ciò comporta il fatto che i valori di tali parametri, precedentemente stabiliti, vengono mantenuti. Per quanto riguarda il coefficiente parziale γ_R , relativo alle verifiche agli SLU di fondazioni superficiali, l'Approccio 2 indica, per quanto riguarda la capacità portante, il valore $\gamma_R = 2.3$

Per la verifica agli SLU delle fondazioni in studio, in riferimento al sistema geotecnico (GEO) è stato utilizzato il programma di calcolo automatico Load-Cap 2014.01 della Geostru Software (vedi

Allegato 2); il calcolo con i relativi coefficienti parziali è stato fatto secondo l'impostazione NTC 2008 del software e tuttora valida poiché le NCT2018 non hanno variato le condizioni per tale verifica.

Nel calcolo, come estrapolato dagli elaborati progettuali, è stata ipotizzata una fondazione continua circolare. Cautelativamente è stato ipotizzato un carico di 30 Kn/m^2 .

Sulla base di quanto enunciato, i valori di resistenza di progetto più cautelativi sono stati ottenuti con la formula di Terzaghi (1955) sono $R_d = 5564.48 \text{ kN/m}^2$ in condizioni drenate, suggerendo un valore della tensione trasmessa al terreno $E_d = 30 \text{ kN/m}^2$ e per i quali risulterebbe verificata la condizione $R_d \geq E_d$.

Si riporta di seguito un grafico rappresenta la variazione del carico limite Q_{lim} in funzione della profondità D del piano di posa nell'intervallo compreso tra 1,40–1,6 mt di una fondazione di avente una larghezza $B = 5,50 \text{ mt}$ e una lunghezza $L = 15,5 \text{ mt}$, una volta effettuato lo sbancamento.

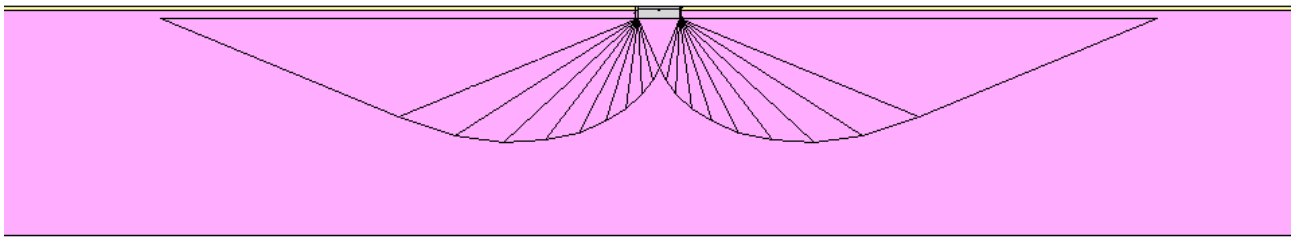


Figura 4 – Sezione fondazioni – stratigrafia

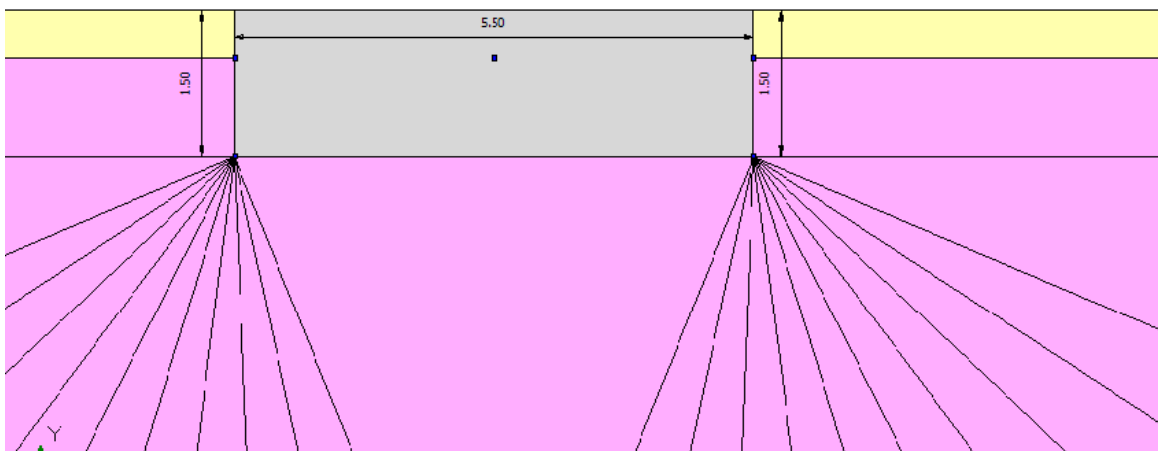


Figura 5 – Sezione fondazioni – stratigrafia (dettaglio)

Per maggiori dettagli dei calcoli effettuati si rimanda al report presente nell'Allegato 2, dove a titolo esemplificativo è stato calcolato il valore di R_d valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico. Per la seguente verifica è stato considerato un sistema di fondazione continua, avente una lunghezza $B= 5,50$ mt e una lunghezza $L= 15,5$ mt. Sarà cura del progettista il dimensionamento delle strutture di fondazione sulla base delle ipotesi riportate nel presente studio (vedi allegato 2).

Terre e rocce da scavo

Dalle operazioni di scavo-sbancamento si estrarranno i terreni franco-argillosi-marnosi di copertura che hanno caratteristiche di materiali naturali non inquinati, e costituiranno un volume complessivo di circa 200 m^3 circa. Lo sbancamento non prevede la produzione di materiali da scavo considerati come sottoprodotti ai sensi dell'art. 184-bis, comma 1 del D.Lgs. n. 152/2006 o dell'art. 41-bis, comma 1 del D.L. n. 69 del 2013, che verranno riutilizzati per reinterri, riempimenti, rimodellazioni o rilevati presso altri siti o cantieri. Infatti il volume di materiale prodotto dalle operazioni di scavo sarà distribuito, nello stesso sito per la sistemazione e regolarizzazione degli accessi.

CONCLUSIONI

Presa visione del progetto inerente la realizzazione di un impianto per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica proposto dalla società ETANRG S.r.l., costituito da 11 aerogeneratori, da realizzarsi nei territori comunali di Esterzili ed Escalaplano e delle relative opere di connessione alla Cabina Utente che si collegherà con cavidotto AT alla stazione Elettrica Terna., si desume quanto segue:

- 3) i terreni presenti nell'area di studio, presentano delle buone qualità portanti come terreni di sottofondo in riferimento all'intervento in progetto. È consigliabile immorsare le opere di fondazione ad una profondità stimata a 3,2 mt per gli aerogeneratori e a 1,50 mt per le cabine. La tipologia e il dimensionamento spetteranno al progettista;
- 4) I valori di portanza, calcolati considerando la situazione maggiormente sollecitata dai carichi della struttura, hanno fornito valori compatibili;

5) In riferimento alla zona di studio si può asserire che gli scavi, gli sbancamenti, i riporti e i movimenti terra necessari per gli interventi previsti non aumentano il grado di pericolosità o di rischio presente nell'area interessata e la stessa è idonea per il tipo di struttura in progetto.

Al fine di una corretta esecuzione delle opere in progetto, affinché possano essere riscontrate eventuali anomalie geologiche, geotecniche e idrogeologiche non emerse attraverso il rilevamento geologico e geotecnico, sarà opportuna la presenza del geologo durante l'esecuzione dei lavori.

Mandas li febbraio 2024

F.TO DOTT. GEOLOGO MARCO PISANO

ALLEGATO 1

DATI GENERALI

Diametro della fondazione	8.4 m
Profondità piano di posa	3.2 m

STRATIGRAFIA TERRENO

Spessore strato [m]	Peso unità di volume [kN/m³]	Peso unità di volume saturo [kN/m³]	Angolo di attrito [°]	Coesione [kN/m²]	Coesione non drenata [kN/m²]	Modulo Elastico [kN/m²]	Modulo Edometrico [kN/m²]	Poisson	Coeff. consolidaz. primaria [cmq/s]	Coeff. consolidazione secondaria	Descrizione
0.5	17.65	18.63	28.0	34.32	34.32	9806.65	0.0	0.0	0.0	0.0	G:\DEX\Disco E\Sorgenti\Retini\Incoerenti\ghiaia_g.bmp
30.0	22.56	23.54	45.0	0.0	0.0	98066.5	0.0	0.0	0.0	0.0	G:\DEX\Disco E\Sorgenti\Retini\Incoerenti\ghiaia_g.bmp

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [kN/m²]	N [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Hx [kN]	Hy [kN]	Tipo
1	Carico limite	4500.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
2	A(1)+M(1)+R(3)	4500.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef. Rid. Capacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	3	3
2	No	1	1	1	1	1	2.3	1.1

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...Carico limite

Autore: TERZAGHI (1955)

Carico limite [Qult]	28997.62 kN/m²
Resistenza di progetto[Rd]	9665.87 kN/m²
Tensione [Ed]	4500.0 kN/m²
Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed]	6.44
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 1159905.0 kN/m³

Carico limite

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	22.56	kN/m ³
Peso unità di volume saturo	23.54	kN/m ³
Angolo di attrito	45.0	°
Coesione	0.0	kN/m ²

Fattore [Nq]	134.87
Fattore [Nc]	133.87
Fattore [Ng]	200.81
Fattore forma [Sc]	2.1
Fattore profondità [Dc]	1.15
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	2.09
Fattore profondità [Dq]	1.07
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.57
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	30849.74	kN/m ²
Resistenza di progetto	10283.25	kN/m ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	22.56	kN/m ³
Peso unità di volume saturo	23.54	kN/m ³
Angolo di attrito	45.0	°
Coesione	0.0	kN/m ²

Fattore [Nq]	173.29
Fattore [Nc]	172.29
Fattore [Ng]	297.5
Fattore forma [Sc]	1.3
Fattore forma [Sg]	0.6

Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	28997.62	kN/m ²
Resistenza di progetto	9665.87	kN/m ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	22.56	kN/m ³
Peso unità di volume saturo	23.54	kN/m ³
Angolo di attrito	45.0	°
Coesione	0.0	kN/m ²

Fattore [Nq]	134.87
Fattore [Nc]	133.87
Fattore [Ng]	262.74
Fattore forma [Sc]	2.27
Fattore profondità [Dc]	1.18
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.63
Fattore profondità [Dq]	1.09
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.63
Fattore profondità [Dg]	1.09
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	57811.87	kN/m ²
Resistenza di progetto	19270.62	kN/m ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: VESIC (1975) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	22.56	kN/m ³
Peso unità di volume saturo	23.54	kN/m ³

Angolo di attrito	45.0	°
Coesione	0.0	kN/m ²
=====		
Fattore [Nq]	134.87	
Fattore [Nc]	133.87	
Fattore [Ng]	271.75	
Fattore forma [Sc]	2.1	
Fattore profondità [Dc]	1.07	
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0	
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0	
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0	
Fattore forma [Sq]	2.09	
Fattore profondità [Dq]	1.07	
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0	
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0	
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0	
Fattore forma [Sg]	0.57	
Fattore profondità [Dg]	1.0	
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0	
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0	
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0	
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0	
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0	
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0	
=====		
Carico limite	34359.81	kN/m ²
Resistenza di progetto	11453.27	kN/m ²
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata	
=====		

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

=====		
Peso unità di volume	22.56	kN/m ³
Peso unità di volume saturo	23.54	kN/m ³
Angolo di attrito	45.0	°
Coesione	0.0	kN/m ²
=====		
Fattore [Nq]	134.87	
Fattore [Nc]	133.87	
Fattore [Ng]	267.75	
Fattore forma [Sc]	1.71	
Fattore profondità [Dc]	1.07	
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0	
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0	
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0	

Fattore forma [Sq]	1.71
Fattore profondità [Dq]	1.07
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.7
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0
=====	
Carico limite	34864.76 kN/m ²
Resistenza di progetto	11621.59 kN/m ²
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata
=====	

A(1)+M(1)+R(3)

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	22.56	kN/m ³
Peso unità di volume saturo	23.54	kN/m ³
Angolo di attrito	45.0	°
Coesione	0.0	kN/m ²
=====		
Fattore [Nq]	134.87	
Fattore [Nc]	133.87	
Fattore [Ng]	200.81	
Fattore forma [Sc]	2.1	
Fattore profondità [Dc]	1.15	
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0	
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0	
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0	
Fattore forma [Sq]	2.09	
Fattore profondità [Dq]	1.07	
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0	
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0	
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0	
Fattore forma [Sg]	0.57	
Fattore profondità [Dg]	1.0	
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0	
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0	

Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	30849.74 kN/m ²
Resistenza di progetto	13412.93 kN/m ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	22.56	kN/m ³
Peso unità di volume saturo	23.54	kN/m ³
Angolo di attrito	45.0	°
Coesione	0.0	kN/m ²

Fattore [Nq]	173.29
Fattore [Nc]	172.29
Fattore [Ng]	297.5
Fattore forma [Sc]	1.3
Fattore forma [Sg]	0.6
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	28997.62 kN/m ²
Resistenza di progetto	12607.66 kN/m ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	22.56	kN/m ³
Peso unità di volume saturo	23.54	kN/m ³
Angolo di attrito	45.0	°
Coesione	0.0	kN/m ²

Fattore [Nq]	134.87
Fattore [Nc]	133.87
Fattore [Ng]	262.74

Fattore forma [Sc]	2.27
Fattore profondità [Dc]	1.18
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.63
Fattore profondità [Dq]	1.09
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.63
Fattore profondità [Dg]	1.09
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0
=====	
Carico limite	57811.87 kN/m ²
Resistenza di progetto	25135.6 kN/m ²
=====	
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata
=====	

Autore: VESIC (1975) (Condizione drenata)

=====

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

=====

Peso unità di volume	22.56	kN/m ³
Peso unità di volume saturo	23.54	kN/m ³
Angolo di attrito	45.0	°
Coesione	0.0	kN/m ²
=====		
Fattore [Nq]	134.87	
Fattore [Nc]	133.87	
Fattore [Ng]	271.75	
Fattore forma [Sc]	2.1	
Fattore profondità [Dc]	1.07	
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0	
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0	
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0	
Fattore forma [Sq]	2.09	
Fattore profondità [Dq]	1.07	
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0	
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0	
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0	
Fattore forma [Sg]	0.57	
Fattore profondità [Dg]	1.0	
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0	
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0	
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0	
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0	
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0	

Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0
Carico limite	34359.81 kN/m ²
Resistenza di progetto	14939.05 kN/m ²
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	22.56	kN/m ³
Peso unità di volume saturo	23.54	kN/m ³
Angolo di attrito	45.0	°
Coesione	0.0	kN/m ²
Fattore [Nq]	134.87	
Fattore [Nc]	133.87	
Fattore [Ng]	267.75	
Fattore forma [Sc]	1.71	
Fattore profondità [Dc]	1.07	
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0	
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0	
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0	
Fattore forma [Sq]	1.71	
Fattore profondità [Dq]	1.07	
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0	
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0	
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0	
Fattore forma [Sg]	0.7	
Fattore profondità [Dg]	1.0	
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0	
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0	
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0	
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0	
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0	
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0	
Carico limite	34864.76	kN/m ²
Resistenza di progetto	15158.59	kN/m ²
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata	

ALLEGATO 2

DATI GENERALI

Larghezza fondazione	5.5 m
Lunghezza fondazione	15.5 m
Profondità piano di posa	1.5 m

STRATIGRAFIA TERRENO

Spessore strato [m]	Peso unità di volume [kN/m ³]	Peso unità di volume saturo [kN/m ³]	Angolo di attrito [°]	Coesione [kN/m ²]	Coesione non drenata [kN/m ²]	Modulo Elastico [kN/m ²]	Modulo Edometrico [kN/m ²]	Poisson	Coeff. consolidaz. primaria [cmq/s]	Coeff. consolidazione secondaria	Descrizione
0.5	17.65	18.63	28.0	34.32	34.32	9806.65	0.0	0.0	0.0	0.0	G:\DEX\Disco E\Sorgenti\Retini\Incoerenti\ghiaia_g.bmp
30.0	22.56	23.54	45.0	0.0	0.0	98066.5	0.0	0.0	0.0	0.0	G:\DEX\Disco E\Sorgenti\Retini\Incoerenti\ghiaia_g.bmp

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [kN/m ²]	N [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Hx [kN]	Hy [kN]	Tipo
1	Carico limite	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
2	A(1)+M(1)+R(3)	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef. Rid. Capacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	3	3
2	No	1	1	1	1	1	2.3	1.1

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...Carico limite

Autore: HANSEN (1970)

Carico limite [Qult]	16693.45	kN/m ²
Resistenza di progetto [Rd]	5564.48	kN/m ²
Tensione [Ed]	30.0	kN/m ²
Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed]	556.45	
Condizione di verifica [Ed≤Rd]	Verificata	

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 667737.8 kN/m³

Carico limite



ETANRG SRL
Via Pietro Cossa
20122 MILANO (MI)



LEONARDO ENGINEERING SRL
Viale Lamberti 29
81100 CASERTA (CE)



PARCO EOLICO "ESTERZILI/ESCALAPLANO"
11 AEROGENERATORI DA 5,6 MW
POTENZA COMPLESSIVA 61,6 MW



Provincia del
Sud Sardegna



REGIONE AUTONOMA
DELLA SARDEGNA

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	22.56	kN/m ³
Peso unità di volume saturo	23.54	kN/m ³
Angolo di attrito	45.0	°
Coesione	0.0	kN/m ²

Fattore [Nq]	134.87
Fattore [Nc]	133.87
Fattore [Ng]	200.81
Fattore forma [Sc]	1.36
Fattore profondità [Dc]	1.11
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.35
Fattore profondità [Dq]	1.05
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.86
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	16693.45	kN/m ²
Resistenza di progetto	5564.48	kN/m ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	22.56	kN/m ³
Peso unità di volume saturo	23.54	kN/m ³
Angolo di attrito	45.0	°
Coesione	0.0	kN/m ²



ETANRG SRL
Via Pietro Cossa
20122 MILANO (MI)



LEONARDO ENGINEERING SRL
Viale Lamberti 29
81100 CASERTA (CE)



PARCO EOLICO "ESTERZILI/ESCALAPLANO"
11 AEROGENERATORI DA 5,6 MW
POTENZA COMPLESSIVA 61,6 MW



Provincia del
Sud Sardegna



REGIONE AUTONOMA
DELLA SARDEGNA

Fattore [Nq]	173.29
Fattore [Nc]	172.29
Fattore [Ng]	297.5
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	23895.46	kN/m ²
Resistenza di progetto	7965.15	kN/m ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	22.56	kN/m ³
Peso unità di volume saturo	23.54	kN/m ³
Angolo di attrito	45.0	°
Coesione	0.0	kN/m ²

Fattore [Nq]	134.87
Fattore [Nc]	133.87
Fattore [Ng]	262.74
Fattore forma [Sc]	1.41
Fattore profondità [Dc]	1.13
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.21
Fattore profondità [Dq]	1.07
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.21
Fattore profondità [Dg]	1.07
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	26411.79	kN/m ²
Resistenza di progetto	8803.93	kN/m ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata



ETANRG SRL
Via Pietro Cossa
20122 MILANO (MI)



LEONARDO ENGINEERING SRL
Viale Lamberti 29
81100 CASERTA (CE)



PARCO EOLICO "ESTERZILI/ESCALAPLANO"
11 AEROGENERATORI DA 5,6 MW
POTENZA COMPLESSIVA 61,6 MW



Provincia del
Sud Sardegna



REGIONE AUTONOMA
DELLA SARDEGNA

Autore: VESIC (1975) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	22.56	kN/m ³
Peso unità di volume saturo	23.54	kN/m ³
Angolo di attrito	45.0	°
Coesione	0.0	kN/m ²

Fattore [Nq]	134.87
Fattore [Nc]	133.87
Fattore [Ng]	271.75
Fattore forma [Sc]	1.36
Fattore profondità [Dc]	1.05
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.35
Fattore profondità [Dq]	1.05
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.86
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	20469.72	kN/m ²
Resistenza di progetto	6823.24	kN/m ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	22.56	kN/m ³
Peso unità di volume saturo	23.54	kN/m ³
Angolo di attrito	45.0	°



ETANRG SRL
Via Pietro Cossa
20122 MILANO (MI)



LEONARDO ENGINEERING SRL
Viale Lamberti 29
81100 CASERTA (CE)



PARCO EOLICO "ESTERZILI/ESCALAPLANO"
11 AEROGENERATORI DA 5,6 MW
POTENZA COMPLESSIVA 61,6 MW



Coesione	0.0 kN/m ²
Fattore [Nq]	134.87
Fattore [Nc]	133.87
Fattore [Ng]	267.75
Fattore forma [Sc]	1.25
Fattore profondità [Dc]	1.05
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.25
Fattore profondità [Dq]	1.05
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.89
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0
Carico limite	20385.69 kN/m ²
Resistenza di progetto	6795.23 kN/m ²
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

A(1)+M(1)+R(3)

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	22.56	kN/m ³
Peso unità di volume saturo	23.54	kN/m ³
Angolo di attrito	45.0	°
Coesione	0.0	kN/m ²
Fattore [Nq]	134.87	
Fattore [Nc]	133.87	
Fattore [Ng]	200.81	
Fattore forma [Sc]	1.36	
Fattore profondità [Dc]	1.11	



ETANRG SRL
Via Pietro Cossa
20122 MILANO (MI)



LEONARDO ENGINEERING SRL
Viale Lamberti 29
81100 CASERTA (CE)



PARCO EOLICO "ESTERZILI/ESCALAPLANO"
11 AEROGENERATORI DA 5,6 MW
POTENZA COMPLESSIVA 61,6 MW



Provincia del
Sud Sardegna



REGIONE AUTONOMA
DELLA SARDEGNA

Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.35
Fattore profondità [Dq]	1.05
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.86
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	16693.45	kN/m ²
Resistenza di progetto	7258.02	kN/m ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	22.56	kN/m ³
Peso unità di volume saturo	23.54	kN/m ³
Angolo di attrito	45.0	°
Coesione	0.0	kN/m ²

Fattore [Nq]	173.29
Fattore [Nc]	172.29
Fattore [Ng]	297.5
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	23895.46	kN/m ²
Resistenza di progetto	10389.33	kN/m ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata



ETANRG SRL
Via Pietro Cossa
20122 MILANO (MI)



LEONARDO ENGINEERING SRL
Viale Lamberti 29
81100 CASERTA (CE)



PARCO EOLICO "ESTERZILI/ESCALAPLANO"
11 AEROGENERATORI DA 5,6 MW
POTENZA COMPLESSIVA 61,6 MW



Provincia del
Sud Sardegna



REGIONE AUTONOMA
DELLA SARDEGNA

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	22.56	kN/m ³
Peso unità di volume saturo	23.54	kN/m ³
Angolo di attrito	45.0	°
Coesione	0.0	kN/m ²

Fattore [Nq]	134.87
Fattore [Nc]	133.87
Fattore [Ng]	262.74
Fattore forma [Sc]	1.41
Fattore profondità [Dc]	1.13
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.21
Fattore profondità [Dq]	1.07
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.21
Fattore profondità [Dg]	1.07
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	26411.79	kN/m ²
Resistenza di progetto	11483.38	kN/m ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: VESIC (1975) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	22.56	kN/m ³
Peso unità di volume saturo	23.54	kN/m ³
Angolo di attrito	45.0	°
Coesione	0.0	kN/m ²

Fattore [Nq]	134.87
Fattore [Nc]	133.87
Fattore [Ng]	271.75
Fattore forma [Sc]	1.36



ETANRG SRL
Via Pietro Cossa
20122 MILANO (MI)



LEONARDO ENGINEERING SRL
Viale Lamberti 29
81100 CASERTA (CE)



PARCO EOLICO "ESTERZILI/ESCALAPLANO"
11 AEROGENERATORI DA 5,6 MW
POTENZA COMPLESSIVA 61,6 MW



Fattore profondità [Dc]	1.05
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.35
Fattore profondità [Dq]	1.05
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.86
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	20469.72	kN/m ²
Resistenza di progetto	8899.88	kN/m ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	22.56	kN/m ³
Peso unità di volume saturo	23.54	kN/m ³
Angolo di attrito	45.0	°
Coesione	0.0	kN/m ²

Fattore [Nq]	134.87
Fattore [Nc]	133.87
Fattore [Ng]	267.75
Fattore forma [Sc]	1.25
Fattore profondità [Dc]	1.05
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.25
Fattore profondità [Dq]	1.05
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0



ETANRG SRL
Via Pietro Cossa
20122 MILANO (MI)



LEONARDO ENGINEERING SRL
Viale Lamberti 29
81100 CASERTA (CE)



PARCO EOLICO "ESTERZILI/ESCALAPLANO"
 11 AEROGENERATORI DA 5,6 MW
 POTENZA COMPLESSIVA 61,6 MW



Provincia del
Sud Sardegna



REGIONE AUTONOMA
 DELLA SARDEGNA

Fattore forma [Sg]	0.89
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	20385.69 kN/m ²
Resistenza di progetto	8863.34 kN/m ²

Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata
---------------------------------	------------



ETANRG SRL
 Via Pietro Cossa
 20122 MILANO (MI)



LEONARDO ENGINEERING SRL
 Viale Lamberti 29
 81100 CASERTA (CE)