

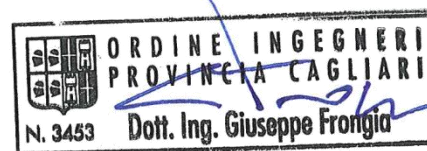
<b>COMMITTENTE</b> Fred Olsen Renewables Italy S.r.l. Viale Castro Pretorio, 122 - Roma (RM) 		<b>COD. ELABORATO</b> FORI-SNG-RC3
<b>ELABORAZIONI</b> I.A.T. Consulenza e progetti S.r.l. con socio unico - Via Santa Margherita 4, 09124 Cagliari Tel./Fax +39.070.658297 Web www.iatprogetti.it		<b>PAGINA</b> 1 di 20

# REGIONE SARDEGNA

## PROVINCIA DEL SUD SARDEGNA

- COMUNI DI SAN NICOLÒ GERREI, ARMUNGIA, BALLAO, ESCALAPLANO, ESTERZILI, SEUI E SILIUS -

### IMPIANTO EOLICO DENOMINATO "ENERGIA MONTE TACCU"





<b>OGGETTO</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO OPERE CIVILI</b>	<b>TITOLO</b> <b>CALCOLI PRELIMINARI DI DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE</b>																						
<b>PROGETTAZIONE</b> I.A.T. CONSULENZA E PROGETTI S.R.L. ING. GIUSEPPE FRONGIA  <b>CONSULENZA STRUTTURALE</b> Ing. Gianfranco Corda	<table border="0"> <tr> <td><b>GRUPPO DI PROGETTAZIONE</b></td> <td><b>CONTRIBUTI SPECIALISTICI</b></td> </tr> <tr> <td>Ing. Giuseppe Frongia (coordinatore e responsabile)</td> <td>Ing. Antonio Dedoni (acustica)</td> </tr> <tr> <td>Ing. Marianna Barbarino</td> <td>Dott. Geol. Maria Francesca Lobina (geologia)</td> </tr> <tr> <td>Ing. Enrica Batzella</td> <td>Agr. Dott. Nat. Nicola Manis (pedologia)</td> </tr> <tr> <td>Pian. Terr. Andrea Cappai</td> <td>Dott. Nat. Francesco Mascia (Flora)</td> </tr> <tr> <td>Ing. Gianfranco Corda</td> <td>Dott. Maurizio Medda (Fauna)</td> </tr> <tr> <td>Ing. Paolo Desogus</td> <td>Dott.ssa Alice Nozza (Archeologia)</td> </tr> <tr> <td>Pian. Terr. Veronica Fais</td> <td>Dott. Geol. Mauro Pompei (geologia)</td> </tr> <tr> <td>Ing. Gianluca Melis</td> <td>Dott. Matteo Tatti (Archeologia)</td> </tr> <tr> <td>Ing. Andrea Onnis</td> <td>Ce.Pi.Sar. (Chiroterrofauna)</td> </tr> <tr> <td>Pian. Terr. Eleonora Re</td> <td></td> </tr> </table>	<b>GRUPPO DI PROGETTAZIONE</b>	<b>CONTRIBUTI SPECIALISTICI</b>	Ing. Giuseppe Frongia (coordinatore e responsabile)	Ing. Antonio Dedoni (acustica)	Ing. Marianna Barbarino	Dott. Geol. Maria Francesca Lobina (geologia)	Ing. Enrica Batzella	Agr. Dott. Nat. Nicola Manis (pedologia)	Pian. Terr. Andrea Cappai	Dott. Nat. Francesco Mascia (Flora)	Ing. Gianfranco Corda	Dott. Maurizio Medda (Fauna)	Ing. Paolo Desogus	Dott.ssa Alice Nozza (Archeologia)	Pian. Terr. Veronica Fais	Dott. Geol. Mauro Pompei (geologia)	Ing. Gianluca Melis	Dott. Matteo Tatti (Archeologia)	Ing. Andrea Onnis	Ce.Pi.Sar. (Chiroterrofauna)	Pian. Terr. Eleonora Re	
<b>GRUPPO DI PROGETTAZIONE</b>	<b>CONTRIBUTI SPECIALISTICI</b>																						
Ing. Giuseppe Frongia (coordinatore e responsabile)	Ing. Antonio Dedoni (acustica)																						
Ing. Marianna Barbarino	Dott. Geol. Maria Francesca Lobina (geologia)																						
Ing. Enrica Batzella	Agr. Dott. Nat. Nicola Manis (pedologia)																						
Pian. Terr. Andrea Cappai	Dott. Nat. Francesco Mascia (Flora)																						
Ing. Gianfranco Corda	Dott. Maurizio Medda (Fauna)																						
Ing. Paolo Desogus	Dott.ssa Alice Nozza (Archeologia)																						
Pian. Terr. Veronica Fais	Dott. Geol. Mauro Pompei (geologia)																						
Ing. Gianluca Melis	Dott. Matteo Tatti (Archeologia)																						
Ing. Andrea Onnis	Ce.Pi.Sar. (Chiroterrofauna)																						
Pian. Terr. Eleonora Re																							

Cod. pratica 2022/0323

Nome File: **FORI-SNG-RC3**\_Calcoli preliminari di dimensionamento delle strutture.docx



0	30/11/2022	Emissione per procedura di VIA	IAT	GF	FORI
<b>REV.</b>	<b>DATA</b>	<b>DESCRIZIONE</b>	<b>ESEG.</b>	<b>CONTR.</b>	<b>APPR.</b>

Disegni, calcoli, specifiche e tutte le altre informazioni contenute nel presente documento sono di proprietà della I.A.T. Consulenza e progetti s.r.l. Al ricevimento di questo documento la stessa diffida pertanto di riprodurlo, in tutto o in parte, e di rivelarne il contenuto in assenza di esplicita autorizzazione.

<b>COMMITTENTE</b> Fred Olsen Renewables Italy S.r.l. Viale Castro Pretorio, 122 - Roma (RM) 	<b>OGGETTO</b> PARCO EOLICO "ENERGIA MONTE TACCU" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> FORI-SNG-RC3
 www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI DI DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE	<b>PAGINA</b> 2 di 20

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>ASPETTI GENERALI.....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA.....</b>	<b>7</b>
<b>4.1</b>	<b>Modello geotecnico di riferimento.....</b>	<b>7</b>
<b>4.2</b>	<b>Stratigrafia di progetto .....</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>CARICHI DI PROGETTO.....</b>	<b>10</b>
<b>6</b>	<b>VERIFICA STABILITA' GLOBALE (EQU).....</b>	<b>12</b>
<b>7</b>	<b>VERIFICA DI RESISTENZA DELLA FONDAZIONE (STR) .....</b>	<b>15</b>
<b>8</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>20</b>

<b>COMMITTENTE</b> Fred Olsen Renewables Italy S.r.l. Viale Castro Pretorio, 122 - Roma (RM) 	<b>OGGETTO</b> PARCO EOLICO "ENERGIA MONTE TACCU" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> FORI-SNG-RC3
 www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI DI DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE	<b>PAGINA</b> 3di 20

## 1 PREMESSA



Il presente elaborato contiene i calcoli preliminari delle strutture di fondazione degli aerogeneratori previsti nel progetto del Parco eolico denominato "*Energia Monte Taccu*", proposto dalla società Fred. Olsen Renewables Italy S.r.l., da installare nei comuni di San Nicolò Gerrei ed Armungia; in particolare saranno condotte le verifiche strutturali ritenute significative ai fini del conseguimento dell'Autorizzazione Unica del progetto ai sensi del D.Lgs. 387/2003 Art. 12.

Il documento è redatto dalla I.A.T. Consulenza e progetti S.r.l. con il contributo specialistico dell'ing. Gianfranco Corda.

Per le finalità di calcolo, si è fatto riferimento ai dati di caratterizzazione delle terre contenuti nella relazione geologica e geotecnica allegata al progetto dell'impianto.

L'impianto sarà composto da n. 12 aerogeneratori riferibili indicativamente al modello Siemens Gamesa SG 6.6-170 (diametro del rotore di 170 m) con potenza complessiva in immissione della centrale eolica pari a 72,6 MW.

Le verifiche strutturali per il plinto di fondazione sono basate sulle azioni di progetto indicate dal costruttore Siemens Gamesa per il modello SG 6.6-170, altezza al mozzo pari a 115 m; le azioni di progetto sono state desunte dallo specifico fascicolo sui carichi in fondazione fornito dal costruttore, documento "Foundation Load T115-50A, SG 6.0-170".

<b>COMMITTENTE</b> Fred Olsen Renewables Italy S.r.l. Viale Castro Pretorio, 122 - Roma (RM) 	<b>OGGETTO</b> PARCO EOLICO "ENERGIA MONTE TACCU" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> FORI-SNG-RC3
 <b>iat</b> CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI DI DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE	<b>PAGINA</b> 4 di 20

## 2 ASPETTI GENERALI

Il progetto proposto prevede l'installazione di n. 12 turbine di grande taglia, riferibili indicativamente al modello Siemens Gamesa SG 6.6-170, posizionate su torri di sostegno dell'altezza pari a 115 m, nonché l'approntamento delle opere accessorie indispensabili per un ottimale funzionamento e gestione degli aerogeneratori (viabilità e piazzole di servizio, distribuzione elettrica di impianto, stazione di trasformazione 30/36kV e opere per la successiva immissione dell'energia prodotta alla Rete di Trasmissione Nazionale).

Gli aerogeneratori in progetto saranno dislocati tra quote altimetriche indicativamente comprese nell'intervallo 600÷700 m s.l.m.

Ai fini delle presenti verifiche strutturali sono state considerate le azioni massime fornite dal costruttore nel documento "Foundation Load T115-50A, SG 6.0-170".

Ferme restando le caratteristiche dimensionali dell'aerogeneratore, non può escludersi peraltro che la scelta definitiva possa ricadere su un modello simile con migliori prestazioni di esercizio, qualora disponibile sul mercato prima della fase di progettazione esecutiva.

La natura dei terreni di sedime è caratterizzata generalmente dalla presenza di un basamento roccioso carbonatico o metaforfico e localmente da conglomerati debolmente consolidati; la giacitura di questi strati compatti risulta sempre a quota non superiore a 3,00 m dal piano di campagna e risultano sormontati da una coltre rimaneggiata dalle pratiche agricole.

La tipologia dei terreni è dunque idonea per la realizzazione di fondazioni dirette laddove il piano di posa risulti ben inserito nel substrato roccioso (Strato B e Strato C); resta salva l'esigenza di acquisire riscontri puntuali in tutte le postazioni eoliche, attraverso l'esecuzione di una campagna di indagini geognostiche e geotecniche che dovrà obbligatoriamente supportare la successiva fase di progettazione esecutiva.

Il basamento di fondazione previsto in progetto è del tipo a plinto superficiale, da realizzare in opera in calcestruzzo armato, a pianta circolare di diametro pari a 24.50 metri.



La fondazione oggetto di verifica è sostanzialmente una piastra circolare a sezione variabile con spessore massimo al centro, pari a circa 280 cm, e spessore minimo al bordo, pari a 60 cm.

La porzione centrale, denominata "colletto", presenta altezza costante di 2.80 m per un diametro pari a circa 6.00 m.

Il colletto è il nucleo del basamento in cui verranno posizionati i tirafondi di ancoraggio del primo anello della torre metallica, il restante settore circolare sarà ricoperto con uno strato orizzontale di rilevato misto arido, con funzione stabilizzante e di mascheramento.

I calcoli e le verifiche di seguito illustrati saranno preceduti da un breve cenno ai riferimenti della normativa vigente nonché alle azioni ed ai carichi di progetto.

Nello specifico sono stati condotti i seguenti accertamenti: verifica di stabilità globale del manufatto,



<b>COMMITTENTE</b> Fred Olsen Renewables Italy S.r.l. Viale Castro Pretorio, 122 - Roma (RM) 	<b>OGGETTO</b> PARCO EOLICO "ENERGIA MONTE TACCU" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> FORI-SNG-RC3
 <b>iat</b> CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI DI DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE	<b>PAGINA</b> 5 di 20

considerato come corpo rigido, verifiche di resistenza del manufatto in calcestruzzo, verifiche di resistenza del terreno nonché il calcolo dei cedimenti attesi, applicando i coefficienti di sicurezza previsti dalla normativa tecnica in corso di validità (DM 17/01/2018).

Le significative azioni orizzontali e flettenti, dovute alla particolare altezza delle torri in progetto, indirizzano il dimensionamento della fondazione ad un manufatto massivo tale da garantire anzitutto la stabilità globale oltre che a distribuire i carichi sul piano di posa.

Le pressioni di contatto calcolate risultano sempre inferiori al valore di resistenza del terreno, i cedimenti previsti sono generalmente trascurabili.

Il dimensionamento eseguito ha carattere di verifica preliminare, la geometria e le dimensioni del plinto indicate in precedenza sono da ritenersi orientative e potrebbero variare a seguito delle risultanze del dimensionamento esecutivo delle opere nonché sulla base di eventuali indicazioni specifiche fornite dal costruttore dell'aerogeneratore, in funzione della scelta definitiva del modello di turbina che sarà operata nell'ambito della progettazione esecutiva.

<b>COMMITTENTE</b> Fred Olsen Renewables Italy S.r.l. Viale Castro Pretorio, 122 - Roma (RM) 	<b>OGGETTO</b> PARCO EOLICO "ENERGIA MONTE TACCU" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> FORI-SNG-RC3
 <b>iat</b> CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI DI DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE	<b>PAGINA</b> 6di 20

### 3 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

— Legge 05/11/1971 n. 1086

Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.

— D.M. 17/01/2018 – NTC 2018

Norme Tecniche per le Costruzioni.

— Circolare Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 23/02/2019

Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni".

#### **Vita nominale, classe d'uso e periodo di riferimento:**

Tipo di costruzione: 2 (opere ordinarie)

Vita nominale:  $V_N \geq 50$  anni



Classe d'uso: IV

Periodo di riferimento:  $V_R = 100$  anni

#### **Metodo di calcolo e verifica:**

È stato utilizzato il metodo degli Stati Limite applicandolo così come previsto dalle NTC 2018 (D.M. 17/01/2018).

Le verifiche di stabilità sono state condotte per via diretta dallo scrivente, i calcoli e le verifiche di resistenza sono stati eseguiti utilizzando il programma di calcolo strutturale CDSWIN della STS, programma di calcolo automatico agli elementi finiti, e il programma di calcolo geotecnico LoadCap della GEOSTRU.

<b>COMMITTENTE</b> Fred Olsen Renewables Italy S.r.l. Viale Castro Pretorio, 122 - Roma (RM) 	<b>OGGETTO</b> PARCO EOLICO "ENERGIA MONTE TACCU" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> FORI-SNG-RC3
 <b>CONSULENZA E PROGETTI</b> www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI DI DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE	<b>PAGINA</b> 7 di 20

## 4 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

### 4.1 Modello geotecnico di riferimento

I calcoli strutturali delle fondazioni fanno riferimento ai dati contenuti nella relazione geologica e geotecnica preliminare redatta dai Geologi Maria Francesca Lobina e Mauro Pompei.

I Geologi hanno individuato la presenza di:

- un substrato calcareo litoide sub-affiorante, talora sormontato da una coltre detritica di spessore pluri-decimetrico, nella parte sud del parco (punti da T01 a T08);
- un substrato costituito da metasiltiti e metarenarie, nell'estremità settentrionale del parco (punti T09 e T11)
- un conglomerato con clasti appartenenti alle rocce paleozoiche del basamento e matrice terrigena debolmente consolidata nella zona del punto T10.

Coerentemente con la variabilità litologica dei terreni di fondazione degli aerogeneratori non è possibile fornire un'unica stratigrafia rappresentativa di tutta l'area del parco eolico.

Salvo gli opportuni ed obbligatori accertamenti nella fase più avanzata della progettazione, sono state individuate quattro distinte tipologie di terreni direttamente interagenti con le strutture di fondazione e per le quali si riportano le caratteristiche meccaniche.

**Strato A** – Coltre detritica-suolo - spessore medio pari a: 2,00 m

Peso specifico = 17,00 - 18,50 kN/m<sup>3</sup>

Angolo attrito interno  $\varphi$  = 22 - 25°

Modulo elastico E = 70 daN/cm<sup>2</sup>

Coesione c = 0.00 daN/cm<sup>2</sup>



**Strato B** – Roccia carbonatica con fratture irregolari – profondità: - 2,00 / - 10 m ed oltre

Peso specifico = 25,00 kN/m<sup>3</sup>

Angolo attrito interno  $\varphi$  = 35 - 40°

Modulo elastico E = 500 kN/cm<sup>2</sup>

Coesione c = 2,00 daN/cm<sup>2</sup>

<b>COMMITTENTE</b> Fred Olsen Renewables Italy S.r.l. Viale Castro Pretorio, 122 - Roma (RM) 	<b>OGGETTO</b> PARCO EOLICO "ENERGIA MONTE TACCU" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> FORI-SNG-RC3
 <b>iat</b> CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI DI DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE	<b>PAGINA</b> 8di 20

**Strato C** – Roccia metamorfica, metarenarie e metasiltiti – profondità: - 2,00 / - 10 m ed oltre

Peso specifico = 25,00 – 27,00 kN/m<sup>3</sup>

Angolo attrito interno  $\varphi$  = 25 - 30°

Modulo elastico E = 800 kN/cm<sup>2</sup>

Coesione c = 1,50 daN/cm<sup>2</sup>

**Strato C** - Conglomerati e brecce debolmente consolidati – profondità: - 2,00 / - 10 m ed oltre

Peso specifico = 19,00 – 21,00 kN/m<sup>3</sup>

Angolo attrito interno  $\varphi$  = 22 - 30°

Modulo elastico E = 20 KN/cm<sup>2</sup>

Coesione c = 0,50 daN/cm<sup>2</sup>

## 4.2 Stratigrafia di progetto

Si prevede che la quasi totalità delle strutture di fondazione degli aerogeneratori andranno a poggiare sul substrato roccioso paleozoico di natura carbonatica (Strato B) o terrigena metamorfica (Strato C).

Sono stati considerati cautelativamente i parametri geotecnici del substrato roccioso metamorfico (Strato C), considerando che gli strati superficiali saranno rimossi dalle attività di scavo; si rimanda alle successive fasi la valutazione dei dati puntuali per ogni singola piazzola di installazione.

Peso specifico = 25,00 kN/m<sup>3</sup>



Angolo attrito interno  $\varphi$  = 30°

Modulo elastico E = 800 kN/cm<sup>2</sup>

Coesione c = 0.00 daN/cm<sup>2</sup>



I Geologi riferiscono che seppur senza il conforto di riscontri sperimentali diretti se non riferibili a contesti geologici analoghi, la presenza del substrato roccioso sub affiorante o sotto copertura di



<b>COMMITTENTE</b> Fred Olsen Renewables Italy S.r.l. Viale Castro Pretorio, 122 - Roma (RM) 	<b>OGGETTO</b> PARCO EOLICO "ENERGIA MONTE TACCU" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> FORI-SNG-RC3
 <b>iat</b> CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI DI DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE	<b>PAGINA</b> 9di 20

uno strato detritico di spessore sub metrico consente di adottare una **categoria di sottosuolo di tipo "A"**.

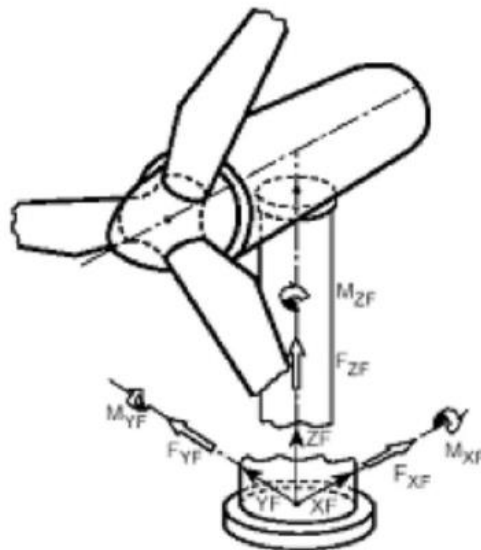
I Geologi riferiscono che fatta salva la necessità e l'obbligo di supportare le valutazioni rappresentate in questa sede con i dati provenienti dalle indagini geognostiche puntuali eseguite ad hoc, cautelativamente si possono assumere valori di capacità portante dell'ordine di **2,5 daN/cm<sup>2</sup>**, senza che si manifestino cedimenti di entità apprezzabile o comunque pregiudizievoli per la stabilità delle strutture in progetto.

<b>COMMITTENTE</b> Fred Olsen Renewables Italy S.r.l. Viale Castro Pretorio, 122 - Roma (RM) 	<b>OGGETTO</b> PARCO EOLICO "ENERGIA MONTE TACCU" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> FORI-SNG-RC3
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI DI DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE	<b>PAGINA</b> 10di 20

## 5 CARICHI DI PROGETTO

Per la definizione delle azioni di progetto al piede della torre si è fatto riferimento ai dati contenuti nelle specifiche tecniche SIEMENS Gamesa, di cui al documento:

SG 6.0-170 Foundation Loads – T115-50A - D2370721/004



XF horizontal  
ZF vertically upwards in direction of the tower axis  
YF horizontally sideways, so that XF, YF, ZF rotate clockwise

**SIEMENS Gamesa**  
RENEWABLE ENERGY



SG 6.0-170 Foundation loads T115-50A  
D2370721 / 004

2020-04-24

Load case	$F_x$ (kN)	$F_y$ (kN)	$F_z$ (kN)	$F_{xy}$ (kN)	$M_x$ (kNm)	$M_y$ (kNm)	$M_z$ (kNm)	$M_{xy}$ (kNm)
Dlc62 V42.5 060_s9	1535,05	50,5	-8826,1	1535,88	4163,87	178349,5	374,9	178398,1

Table 4 SG 6.0-170 HH115m Characteristics Loads at the base of the tower

Nella tabella precedente sono definite le azioni massime al piede della torre, tali valori verranno utilizzati per le verifiche allo stato limite ultimo con i coefficienti di sicurezza previsti dalla normativa italiana, il DM 17/01/2018.

<b>COMMITTENTE</b> Fred Olsen Renewables Italy S.r.l. Viale Castro Pretorio, 122 - Roma (RM) 	<b>OGGETTO</b> PARCO EOLICO "ENERGIA MONTE TACCU" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> FORI-SNG-RC3
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI DI DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE	<b>PAGINA</b> 11 di 20

I carichi riportati in tabella sono i carichi massimi in condizioni estreme (*extreme loads*), calcolati per le specifiche condizioni climatiche riportate nella tabella seguente.

Description	Unit	Value	Value
Design code	-	IEC-61400-1 Ed3	IEC-61400-1 Ed3
IEC Class	-	3A	3B
Design life time according to IEC	years	20	25
Annual average wind speed at hub height, $V_{ave}$	m/s	7.5	7.5
Extreme wind speed at hub height (10-min with 50 years return period), $V_{ref}$	m/s	37.5	37.5
Mean turbulence intensity at 15 m/s, $I_{ref}$	-	0.16	0.14
Average air density, $\rho$	kg/m <sup>3</sup>	1.225	1.225

Table 1 Design code information and climatic conditions

Le predette condizioni climatiche utilizzate dal Costruttore per il calcolo dei carichi estremi al piede della torre sono da considerare quale condizione limite per poter installare questo modello di torre nel sito in progetto.

È dunque necessario verificare la compatibilità tra le condizioni climatiche previste dalle Norme Tecniche per le Costruzioni per il sito di installazione e quelle limite specificate dal Costruttore.

In particolare, è necessario verificare che la velocità massima del vento prevista dalla normativa vigente per il sito in progetto sia almeno inferiore a quella prevista nella tabella precedente:

Art. 3.3 D.M. 17/01/2018 (NTC 2018) - Azioni del Vento

Sito installazione: Regione Sardegna - Provincia SU - Comune di San Nicolò Gerrei - Armungia

$a_s = 700$  m s.l.m.m.       $a_{s, max} = a_s + 200$  (altezza al mozzo + raggio) = 900 m

Zona Climatica di riferimento = 5

$a_0 = 750$  m       $v_{b,0} = 28$  m/s       $k_s = 0.40$

per  $a_s > a_0$        $v_b = v_{b,0} \times c_a$        $c_a = 1 + k_s (a_{s, max} / a_0 - 1)$        $c_a = 1.08$



Velocità massima di riferimento indicata dalle NTC 2018 (10 min, 50 anni  $T_r$ ):

$v_b = 30.24$  m/s

Velocità massima indicata dal produttore (10 min, 50 anni  $T_r$ ):

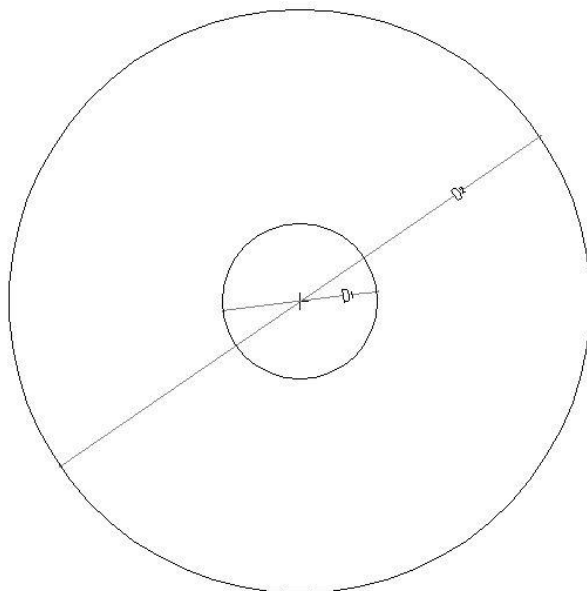
$V_{ref} = 37.50$  m/s

La velocità massima indicata dal Costruttore è superiore a quella prevista dalla normativa vigente per il sito in progetto, la verifica di compatibilità è dunque soddisfatta.

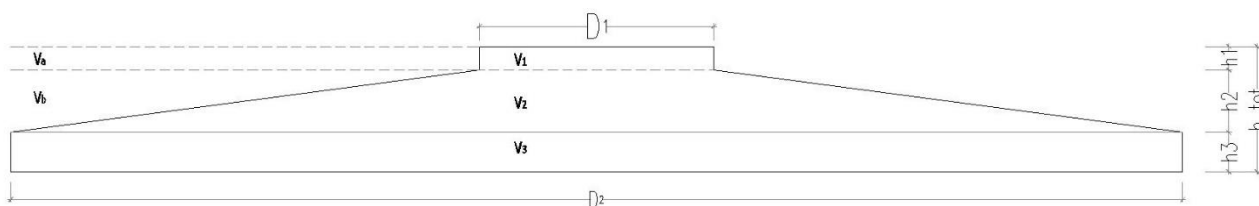
<b>COMMITTENTE</b> Fred Olsen Renewables Italy S.r.l. Viale Castro Pretorio, 122 - Roma (RM) 	<b>OGGETTO</b> PARCO EOLICO "ENERGIA MONTE TACCU" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> FORI-SNG-RC3
 <b>iat</b> CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI DI DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE	<b>PAGINA</b> 12 di 20

## 6 VERIFICA STABILITA' GLOBALE (EQU)

Si conducono nel seguito le verifiche di stabilità globale del basamento di fondazione, con riferimento alle azioni di progetto precedentemente indicate.





*Schema in pianta basamento di fondazione*



*Schema in sezione basamento di fondazione*

### DATI GEOMETRICI FONDAZIONE:

diametro colletto =	$d_1 = 6.00 \text{ m}$
diametro esterno =	$d_2 = 24.50 \text{ m}$
altezza colletto =	$h_1 = 0.30 \text{ m}$
altezza intermedia =	$h_2 = 1.90 \text{ m}$
altezza minima =	$h_3 = 0.60 \text{ m}$
altezza totale =	$h_{tot} = 2.80 \text{ m}$

<b>COMMITTENTE</b> Fred Olsen Renewables Italy S.r.l. Viale Castro Pretorio, 122 - Roma (RM) 	<b>OGGETTO</b> PARCO EOLICO "ENERGIA MONTE TACCU" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> FORI-SNG-RC3
 <b>CONSULENZA E PROGETTI</b> www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI DI DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE	<b>PAGINA</b> 13di 20

## A - VERIFICA AL RIBALTAMENTO

$\gamma_{G1} = 0.90$	$\gamma_{G2} = 0.80$	$\gamma_q = 1.50$
----------------------	----------------------	-------------------

### CARICHI VERTICALI

Peso del basamento

$$G_1 = 25 \times \pi \times [d_1^2 \times h_1 + 1/3 \times (d_1^2 + d_1 \times d_2 + d_2^2) \times h_2 + d_2^2 \times h_3] / 4$$

$$G_1 = 17'015 \text{ kN}$$

Peso del terreno di ricoprimento

$$G_2 = 16 \times \pi \times [(d_2^2 - d_1^2) \times (h_1 - 0.10) + (d_2^2 \times h_2) - 1/3 \times (d_1^2 + d_2 \times d_1 + d_2^2) \times h_2] / 4$$

$$G_2 = 9'511 \text{ kN}$$

Peso della torre

$$V = 6.826 \text{ kN}$$

### AZIONI PER LA CONDIZIONE DI CARICO EQU

(peso proprio basamento + peso terreno ricoprimento - senza coefficienti parziali)

$G_1 = 17'015 \text{ kN}$	$G_2 = 9'511 \text{ kN}$
---------------------------	--------------------------

(momento flettente + azione orizzontale al piede della torre + peso permanente torre - senza coefficienti parziali)

$M = 178.400 \text{ kNm}$	$H = 1.536 \text{ kN}$	$V = 6.826 \text{ kN}$
---------------------------	------------------------	------------------------

### MOMENTO STABILIZZANTE

$$M_{STA} = (0.9 \times G_1 + 0.8 \times G_2 + 0.9 \times V) \times d_2 / 2$$

$$M_{STA} = (0.9 \times 17'015 + 0.8 \times 9'511 + 0.9 \times 6'826) \times 12 = 348'788 \text{ kNm}$$

### MOMENTO RIBALTANTE



$$M_{RIB} = \gamma_q \times (M + H \times h_{tot})$$

$$M_{RIB} = 1.5 \times (178.400 + 1.536 \times 2.8) = 274.051 \text{ kNm}$$

Coefficiente di sicurezza:

$$M_{STA} / M_{RIB} = 1.27$$

Verifica soddisfatta considerando il peso stabilizzante del rilevato.

<b>COMMITTENTE</b> Fred Olsen Renewables Italy S.r.l. Viale Castro Pretorio, 122 - Roma (RM) 	<b>OGGETTO</b> PARCO EOLICO "ENERGIA MONTE TACCU" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> FORI-SNG-RC3
 <b>iat</b> CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI DI DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE	<b>PAGINA</b> 14di 20

## B – VERIFICA SCORRIMENTO

$\gamma_{G1} = 0.90$	$\gamma_{G2} = 0.80$	$\gamma_q = 1.50$
----------------------	----------------------	-------------------

Risultante forze che attivano lo scorrimento:

$$H = 1.536 \text{ kN}$$

$$F_{scr} = \gamma_q \times H = 2.304 \text{ kN}$$

Risultante forze che si oppongono allo scorrimento:

Peso della torre

$$V = 6.826 \text{ kN}$$

Peso del basamento

$$G_1 = 17'015 \text{ kN}$$

Peso del terreno di ricoprimento

$$G_2 = 9'511 \text{ kN}$$

Angolo di attrito terreno/fondazione

$$\varphi = 30^\circ$$



$$\varphi' = 0.5 \varphi$$

$$F_{sta} = \tan\varphi' \times (\gamma_{G1} \times G_1 + \gamma_{G1} \times V) = 5'749 \text{ kN}$$

Coefficiente di sicurezza:

$$F_{sta} / F_{scr} = 2.49$$

Verifica soddisfatta senza considerare il peso stabilizzante del rilevato.

<b>COMMITTENTE</b> Fred Olsen Renewables Italy S.r.l. Viale Castro Pretorio, 122 - Roma (RM) 	<b>OGGETTO</b> PARCO EOLICO "ENERGIA MONTE TACCU" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> FORI-SNG-RC3
 <b>CONSULENZA E PROGETTI</b> www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI DI DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE	<b>PAGINA</b> 15di 20

## 7 VERIFICA DI RESISTENZA DELLA FONDAZIONE (STR)

Si riportano nel seguito i risultati di calcolo del modello strutturale, realizzato discretizzando il basamento in elementi finiti di sezione variabile, e verificando le sezioni in c.a.

La fondazione è stata verificata con riferimento alla stratigrafia di progetto, considerando la Categoria di sottosuolo A ed una costante di winkler pari a  $8 \text{ kg/cm}^3$ .

### COMBINAZIONE DI CARICO 1 – (SLE)

(peso proprio basamento + peso terreno ricoprimento - senza coefficienti parziali)

$G_1 = 17'015 \text{ kN}$	$G_2 = 9'511 \text{ kN}$
---------------------------	--------------------------

### COMBINAZIONE DI CARICO 2 – (SLE)

(peso proprio basamento + peso terreno ricoprimento + azioni dalla Torre - senza coefficienti parziali)



$G_1 = 17'015 \text{ kN}$	$G_2 = 9'511 \text{ kN}$	$V = 6.826 \text{ kN}$
$M_F = 178.400 \text{ kNm}$	$H = 1.536 \text{ kN}$	$M_T = 375 \text{ kNm}$

### COMBINAZIONE DI CARICO 3 – (SLU)

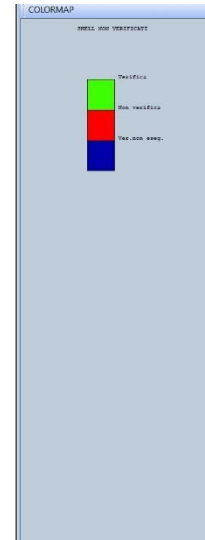
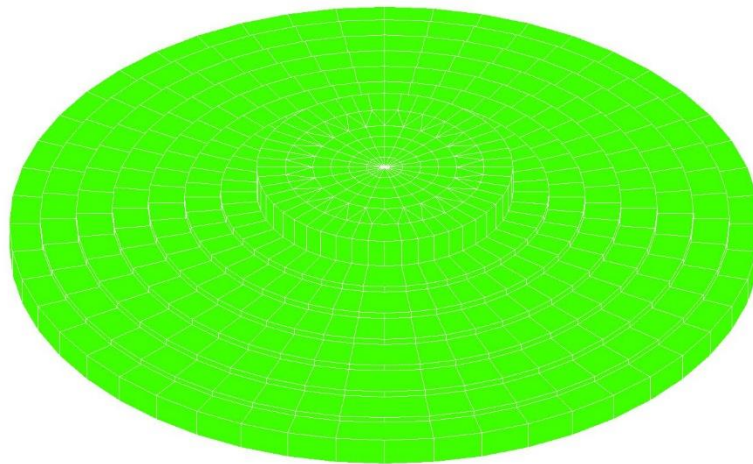
(peso proprio basamento + peso terreno ricoprimento + azioni dalla Torre - con i coefficienti parziali)

$G_1 = \gamma_{G1} \times 17'015 \text{ kN}$	$G_2 = \gamma_{G2} \times 9'511 \text{ kN}$	$V = \gamma_{G2} \times 6.826 \text{ kN}$
$M = \gamma_q \times 178.400 \text{ kNm}$	$H = \gamma_q \times 1.536 \text{ kN}$	$M_T = \gamma_q \times 375 \text{ kNm}$

$\gamma_{G1} = 1.3$	$\gamma_{G2} = 1.5$	$\gamma_q = 1.50$
---------------------	---------------------	-------------------

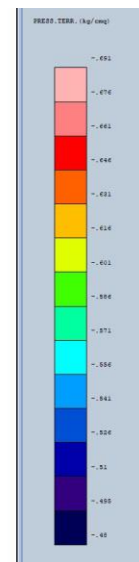
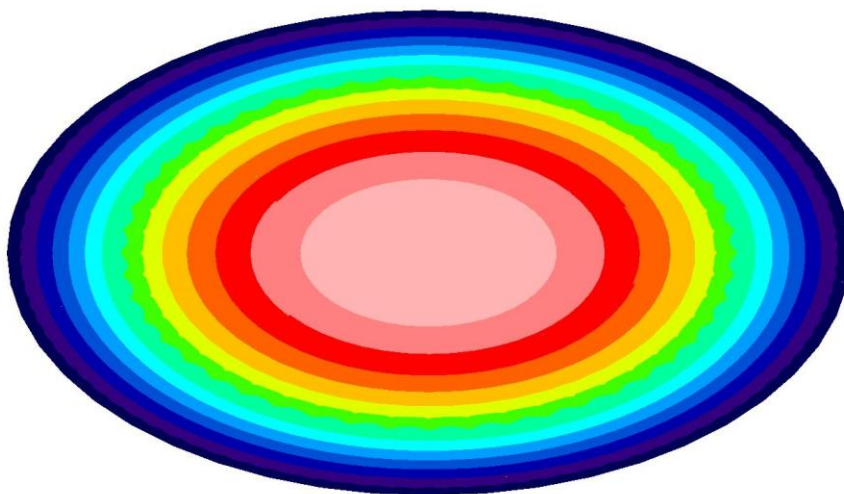
<b>COMMITTENTE</b> Fred Olsen Renewables Italy S.r.l. Viale Castro Pretorio, 122 - Roma (RM) 	<b>OGGETTO</b> PARCO EOLICO "ENERGIA MONTE TACCU" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> FORI-SNG-RC3
 <b>iat</b> CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI DI DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE	<b>PAGINA</b> 16di 20

## COLORMAP VERIFICHE ELEMENTI SHELL





### a – PRESSIONI DI CONTATTO

#### COLORMAP PRESSIONI DI CONTATTO COMBINAZIONE 1 (P.P. + PERM.)

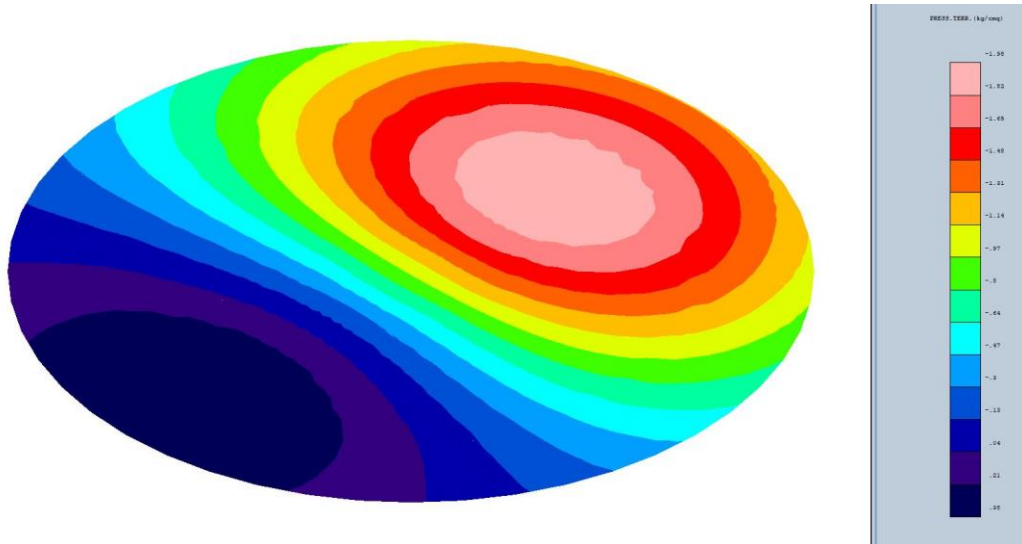


Pressione di contatto SLE:  $\sigma_{pp} = 0.69 \text{ kg/cm}^2$



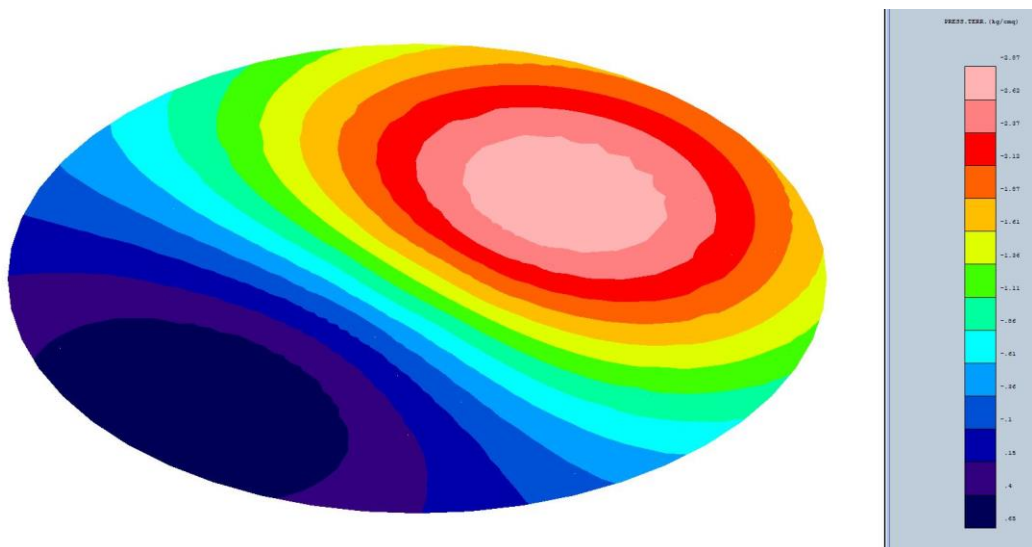
<b>COMMITTENTE</b> Fred Olsen Renewables Italy S.r.l. Viale Castro Pretorio, 122 - Roma (RM) 	<b>OGGETTO</b> PARCO EOLICO "ENERGIA MONTE TACCU" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> FORI-SNG-RC3
 <b>CONSULENZA E PROGETTI</b> www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI DI DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE	<b>PAGINA</b> 17 di 20

COLORMAP PRESSIONI DI CONTATTO COMBINAZIONE 2 (P.P. + PERM. + AZIONI TORRE)





Pressione di contatto SLE:  $\sigma_{es} = 1.98 \text{ kg/cm}^2$

COLORMAP PRESSIONI DI CONTATTO COMBINAZIONE 3 (P.P. + PERM. + AZIONI TORRE)

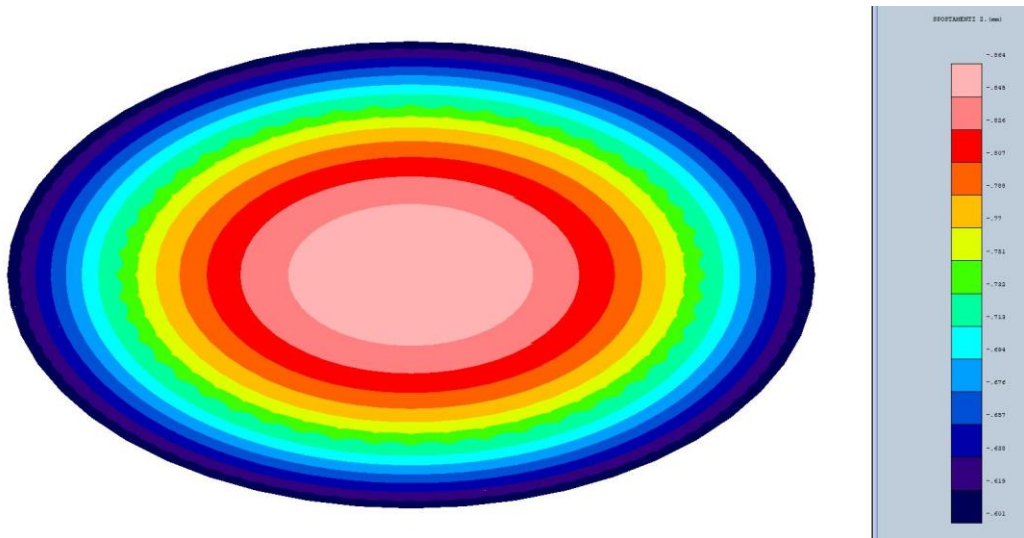


Pressione di contatto SLU:  $\sigma_{max} = 2.87 \text{ kg/cm}^2$

<b>COMMITTENTE</b> Fred Olsen Renewables Italy S.r.l. Viale Castro Pretorio, 122 - Roma (RM) 	<b>OGGETTO</b> PARCO EOLICO "ENERGIA MONTE TACCU" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> FORI-SNG-RC3
 www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI DI DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE	<b>PAGINA</b> 18di 20

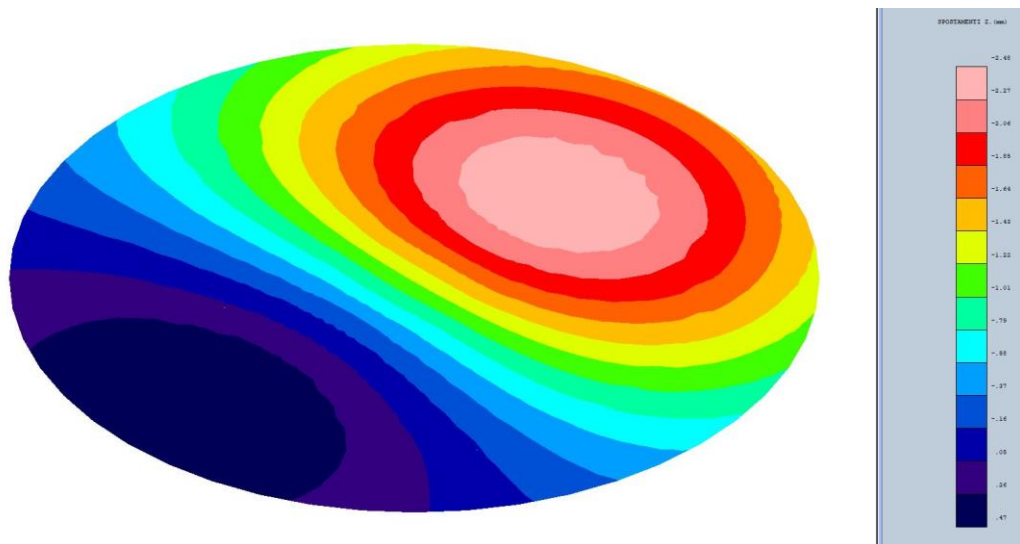
**b – CEDIMENTI ATTESI**

COLORMAP SPOSTAMENTI VERTICALI COMBINAZIONE 1 (P.P. + PERM.)





Spostamento massimo SLE:  $w_1 = 0.86 \text{ mm}$

COLORMAP SPOSTAMENTI VERTICALI COMBINAZIONE 2 (P.P. + PERM. + AZIONI TORRE)

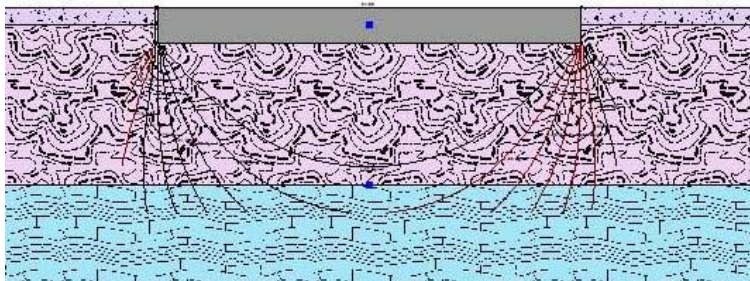


Spostamento massimo SLE:  $w_{es} = 2.48 \text{ mm}$

<b>COMMITTENTE</b> Fred Olsen Renewables Italy S.r.l. Viale Castro Pretorio, 122 - Roma (RM) 	<b>OGGETTO</b> PARCO EOLICO "ENERGIA MONTE TACCU" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> FORI-SNG-RC3
 <b>CONSULENZA E PROGETTI</b> www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI DI DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE	<b>PAGINA</b> 19di 20

## VERIFICA DI RESISTENZA DEL TERRENO (GEO)

Le verifiche geotecniche sono state condotte anche con l'ausilio del software LoadCap 2020, programma di verifiche geotecniche per fondazioni superficiali.



## DATI DI RIEPILOGO



```
=====
```

Diametro della fondazione	24.50 m
Profondità piano di posa	3.00 m
Altezza di incastro	0.60 m
Pressione massima sul terreno	1.98 kg/cm <sup>2</sup>
Cedimento massimo atteso	2.48 mm

```
=====
```

La presenza del substrato litoide offre una resistenza di progetto molto alta, i cedimenti massimi sono trascurabili.

I Geologi riferiscono che fatta salva la necessità e l'obbligo di supportare le valutazioni rappresentate in questa sede con i dati provenienti dalle indagini geognostiche puntuali eseguite ad hoc, cautelativamente si possono assumere valori di capacità portante dell'ordine di **2,5 daN/cm<sup>2</sup>**, senza che si manifestino cedimenti di entità apprezzabile o comunque pregiudizievoli per la stabilità delle strutture in progetto.

<b>COMMITTENTE</b> Fred Olsen Renewables Italy S.r.l. Viale Castro Pretorio, 122 - Roma (RM) 	<b>OGGETTO</b> PARCO EOLICO "ENERGIA MONTE TACCU" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> FORI-SNG-RC3
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI DI DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE	<b>PAGINA</b> 20 di 20

## 8 CONCLUSIONI

Il presente elaborato contiene i calcoli preliminari delle strutture di fondazione degli aerogeneratori previsti nel progetto del Parco eolico denominato "*Energia Monte Taccu*", proposto dalla società Fred. Olsen Renewables Italy S.r.l., da installare nei comuni di San Nicolò Gerrei ed Armungia.

Con riferimento ai carichi di progetto, alla caratterizzazione geotecnica preliminare nonché ai risultati delle verifiche di stabilità, resistenza delle strutture e del terreno di fondazione, si può riassumere quanto segue:

- nei siti di installazione degli aerogeneratori in progetto è stata verificata una fondazione diretta a pianta circolare, avente diametro di 24.50 m e spessore massimo pari a 2.80 metri;
- la presenza di un substrato litoide offre una resistenza di progetto molto elevata ed i cedimenti massimi sono trascurabili;
- nei siti di installazione in cui, nell'ambito delle indagini geologiche e geotecniche da condursi nella fase più avanzata della progettazione, fosse rinvenuta alla quota di posa del basamento la presenza di materiale sabbioso di natura granitica di spessore superiore al valore ipotizzato, la profondità di scavo dovrà essere opportunamente incrementata e la quota ottimale di posa potrà essere recuperata con calcestruzzo magro dello spessore necessario (50÷100 cm).

Nelle fasi più avanzate della progettazione, pertanto, sarà indispensabile disporre di dati geotecnici specifici per ogni singola postazione eolica al fine di confermare o, se necessario, variare le previsioni ed i calcoli qui riportati in via preliminare.