



# REGIONE SARDEGNA

## Provincia di Cagliari

### COMUNI DI SINNAI E MARACALAGONIS



OGGETTO

PROGETTO PER LA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 122,4 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE NEI COMUNI DI SINNAI, MARACALAGONIS, QUARTUCCIU, SETTIMO SAN PIETRO E SELARGIUS (CA)

PROPONENTE



### ECOWIND 6 S.R.L.

Via Alessandro Manzoni 30, 20121 Milano (MI)  
C.F./P.IVA: 12809780963  
email/PEC: ecowind6srl@pecimprese.it

SVILUPPO



### VALLEVERDE ENERGIA S.R.L.

Via Foggia 174, 85025 Melfi (PZ)  
C.F./P.IVA: 02118870761  
email: info@valleverde-energia.it  
PEC: valleverde.energia@pec.it

Codice Commessa PHEEDRA: 24\_01\_EO\_SIN

INGEGNERIA



PHEEDRA S.r.l. Via Lago di Nemi, 90  
74121 - Taranto  
Tel. 099.7722302 - Fax 099.9870285  
e-mail: info@pheedra.it  
web: www.pheedra.it

Direttore Tecnico Ing. Angelo Micolucci



00	Febbraio 2024	PRIMA EMISSIONE	MS	AM	VS
REV	DATA	ATTIVITA'	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

OGGETTO DELL'ELABORATO

## RELAZIONE GEOTECNICA

FORMATO	SCALA	CODICE DOCUMENTO					NOME FILE	FOGLI
		SOC.	DISC.	TIPO DOC.	PROG.	REV.		
A4	-	SIN	CIV	REL	034	00	SIN-CIV-REL-034_00	

Committente: <b>ECOWIND 6 S.r.l.</b> Via Alessandro Manzoni 30 20121 Milano (MI)	PROGETTO PER LA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 122,4 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE NEI COMUNI DI SINNAI, MARACALAGONIS, QUARTUCCIU, SETTIMO SAN PIETRO E SELARGIUS (CA)	Nome del file:  <p style="text-align: right;"><b>SIN-CIV-REL-034_00</b></p>
---	---	---

## Sommario

<b>1. PREMESSA</b> .....	<b>2</b>
<b>2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>3</b>
<b>3. PROPRIETÀ FISICHE E MECCANICHE DEI TERRENI</b> .....	<b>4</b>
<b>3.1. Caratteristiche geotecniche dei terreni</b> .....	<b>4</b>
<b>4. CARATTERISTICHE SISMICHE</b> .....	<b>6</b>
<b>5. CRITERI DI PROGETTO, MODELLAZIONE GEOTECNICA - VERIFICHE</b> .....	<b>7</b>
<b>5.1. Determinazione della portanza verticale di fondazioni profonde</b> .....	<b>8</b>
<b>5.2. Carico limite verticale alla punta del palo</b> .....	<b>9</b>
<b>5.3. Carico limite verticale lungo la superficie laterale del palo</b> .....	<b>14</b>
<b>6. TABULATI DI CALCOLO</b> .....	<b>17</b>
<b>6.1. Simbologia adottata nei tabulati di calcolo</b> .....	<b>17</b>
<b>6.2. Parametri di calcolo</b> .....	<b>19</b>
<b>6.3. Combinazioni di carico</b> .....	<b>19</b>
<b>6.4. Archivio stratigrafie</b> .....	<b>20</b>
<b>6.5. Archivio terreni</b> .....	<b>20</b>
<b>6.6. Dati geometrici degli elementi costituenti le fondazioni profonde</b> .....	<b>20</b>
<b>6.7. Valori di calcolo della portanza per fondazioni profonde</b> .....	<b>25</b>
<b>6.8. Valori di calcolo dei cedimenti per fondazioni profonde</b> .....	<b>28</b>
<b>6.9. Valori di calcolo della portanza orizzontale per fondazioni profonde</b> .....	<b>30</b>
<b>7. CONCLUSIONI</b> .....	<b>36</b>

Committente: <b>ECOWIND 6 S.r.l.</b> Via Alessandro Manzoni 30 20121 Milano (MI)	PROGETTO PER LA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 122,4 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE NEI COMUNI DI SINNAI, MARACALAGONIS, QUARTUCCIU, SETTIMO SAN PIETRO E SELARGIUS (CA)	Nome del file:  <b>SIN-CIV-REL-034_00</b>
---	---	---

## 1. PREMESSA

Nella presente relazione è descritto, il dimensionamento delle fondazioni di un impianto eolico composto da 17 aerogeneratori ognuno da 7,2 MW nominali, per un totale di 122,4 MW e relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nei comuni di Sinnai, Maracalagonis, Quartucciu, Settimo San Pietro e Selargius (Ca) con opere di connessione ricadenti nei medesimi comuni.

In particolare, tale parco eolico, coinvolge un'areale di territorio non omogenea ed in particolare costituito da differenti caratteristiche geologiche e litostratigrafiche, per cui sono state previsti approfonditi studi al fine di definire la geometria per le fondazioni per gli aerogeneratori.

Le elaborazioni di seguito proposte sono da considerare indicative e dovranno essere necessariamente supportate in una fase successiva da indagini in sito e di laboratorio, per meglio caratterizzare i litotipi presenti nel sottosuolo delle diverse aree interessate e individuarne le caratteristiche geotecniche e meccaniche.

Gli aerogeneratori sono localizzabili alle seguenti coordinate, espresse con datum UTM 32 N:

TURBINA	E (UTM WGS84 32N) [m]	N (UTM WGS84 32N) [m]
WTG01	523452,27720	4352514,32200
WTG02	523251,99580	4351806,06900
WTG03	522451,42730	4351591,45100
WTG04	522666,20450	4350408,98700
WTG05	523121,48940	4349535,45400
WTG06	522160,33010	4348954,03400
WTG07	521730,50360	4350338,68500
WTG08	521895,12480	4350931,22200
WTG09	521031,13400	4351615,47900
WTG10	521183,76780	4349976,88700
WTG11	521234,54480	4349302,04800
WTG12	520406,96830	4350783,88600
WTG13	520485,20580	4351376,43300
WTG14	519172,08330	4352122,17400
WTG15	520285,58810	4350019,04600
WTG16	523520,36770	4353131,51000
WTG17	520975,61250	4348754,80700

Committente: <b>ECOWIND 6 S.r.l.</b> Via Alessandro Manzoni 30 20121 Milano (MI)	PROGETTO PER LA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 122,4 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE NEI COMUNI DI SINNAI, MARACALAGONIS, QUARTUCCIU, SETTIMO SAN PIETRO E SELARGIUS (CA)	Nome del file:  <b>SIN-CIV-REL-034_00</b>
---	---	---

Le turbine sono identificate ai seguenti estremi catastali:

TURBINA	COMUNE	FOGLIO	PARTICELLA
WTG01	SINNAI	33	145
WTG02	SINNAI	33	20
WTG03	SINNAI	32	87
WTG04	SINNAI	49	71
WTG05	SINNAI	54	132
WTG06	SINNAI	56	252
WTG07	SINNAI	49	27
WTG08	SINNAI	39	78
WTG09	SINNAI	38	61
WTG10	MARACALAGONIS	1	62
WTG11	MARACALAGONIS	1	199
WTG12	SINNAI	48	129
WTG13	SINNAI	38	89
WTG14	SINNAI	29	220
WTG15	SINNAI	47	415
WTG16	SINNAI	22	55
WTG17	MARACALAGONIS	5	126

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

In quanto di seguito riportato viene fatto esplicito riferimento alle seguenti Normative:

- **LEGGE n° 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 16/01/1996.** "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche.";
- **Circolare Ministeriale LL.PP. n° 65/AA.GG. del 10/04/1997.** "Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. 16/01/1996.";
- **Eurocodice 1 - Parte 1 -** "Basi di calcolo ed azioni sulle strutture - Basi di calcolo -.";
- **Eurocodice 7 - Parte 1 -** "Progettazione geotecnica - Regole generali -.";

<b>PHEEDRA Srl</b> Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 - Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 - Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it - web: www.pheedra.it	RELAZIONE GEOTECNICA	Pagina 3 di 36
---	----------------------	----------------

Committente: <b>ECOWIND 6 S.r.l.</b> Via Alessandro Manzoni 30 20121 Milano (MI)	PROGETTO PER LA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 122,4 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE NEI COMUNI DI SINNAI, MARACALAGONIS, QUARTUCCIU, SETTIMO SAN PIETRO E SELARGIUS (CA)	Nome del file:  <b>SIN-CIV-REL-034_00</b>
---	---	---

- **Eurocodice 8 - Parte 5** -"Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici -.";
- **D.M. 17/01/2018 – AGGIORNAMENTO DELLE NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI**
- **Circolare n. 7 del 21/01/2019**

### 3. PROPRIETÀ FISICHE E MECCANICHE DEI TERRENI

Dal punto di vista geologico si è fatto riferimento alla Relazione Geologica allegata al progetto, dalla quale si può evincere che:

*L'area destinata all'impianto si estende, con una caratteristica forma trilobata, in corrispondenza del settore nord-orientale della regione storica del Campidano di Cagliari. In base alle dinamiche geomorfologiche che hanno interessato il territorio, il paesaggio può essere distinto in tre unità principali:*

- *le forme accidentate dei rilievi metamorfici (plutoniti del complesso intrusivo ed il complesso metamorfico);*
- *la seconda unità comprende l'ambito collinare, modellato sulle litologie terziarie marnoso-arenacee;*
- *la terza unità comprende le superfici sub-pianeggianti modellate sui depositi quaternari dell'area continentale, costituiti da sedimenti arenacei, conglomerati.*

*La prima rappresenta il terreno fondale degli aerogeneratori nn. 1, 2, 14; la seconda degli aerogeneratori nn. 10, 11, 12, 15 e 17; la terza degli aerogeneratori nn. 3÷9, 13 e 16.*

*L'idrografia dell'area in esame è inserita all'interno di un'area vasta che è compresa nell'Unità Idrografica Omogenea (U.I.O.) del Flumini Mannu e del Cixerri. I corsi idrici si presentano tutti a carattere torrentizio.*

*Da un punto di vista idrogeologico nell'area che si caratterizza per la presenza di depositi alluvionali poggianti sulle litologie marnose del miocene, non si evidenzia la presenza di una falda superficiale sebbene i depositi alluvionali abbiano le peculiari caratteristiche di porosità e permeabilità determinanti per poter costituire un acquifero.*

*L'acquifero freatico produttivo e maggiormente sfruttato si individua nel complesso delle litologie arenacee che costituiscono la base della Successione sedimentaria marina del Miocene. Le sabbie e le arenarie stratificate e spazialmente estese, costituiscono il litotipo ideale per ospitare un acquifero, sono infatti caratterizzate da permeabilità primaria per porosità e fessurazione medio-alta.*

*Nell'area che si caratterizza per la presenza in affioramento di marne e marne arenacee (Marne di Gesturi), non si evidenzia la presenza di una falda superficiale, infatti le rocce mioceniche marnoso argillose sono ben conosciute per la loro sostanziale impermeabilità che non consente che in esse si stabiliscano acquiferi.*

*Nell'area in cui si rinvengono le formazioni carbonifere si esclude la presenza di acquiferi per la loro bassa permeabilità*

*Da un punto di vista sismico tutto il territorio regionale ricade in Zona 4, contraddistinto da «pericolosità sismica BASSA» a cui corrisponde la normativa antisismica meno severa ed al parametro  $a_g$  è assegnato un valore di  $0,025 \pm 0,05 g$  da adottare nella progettazione.*

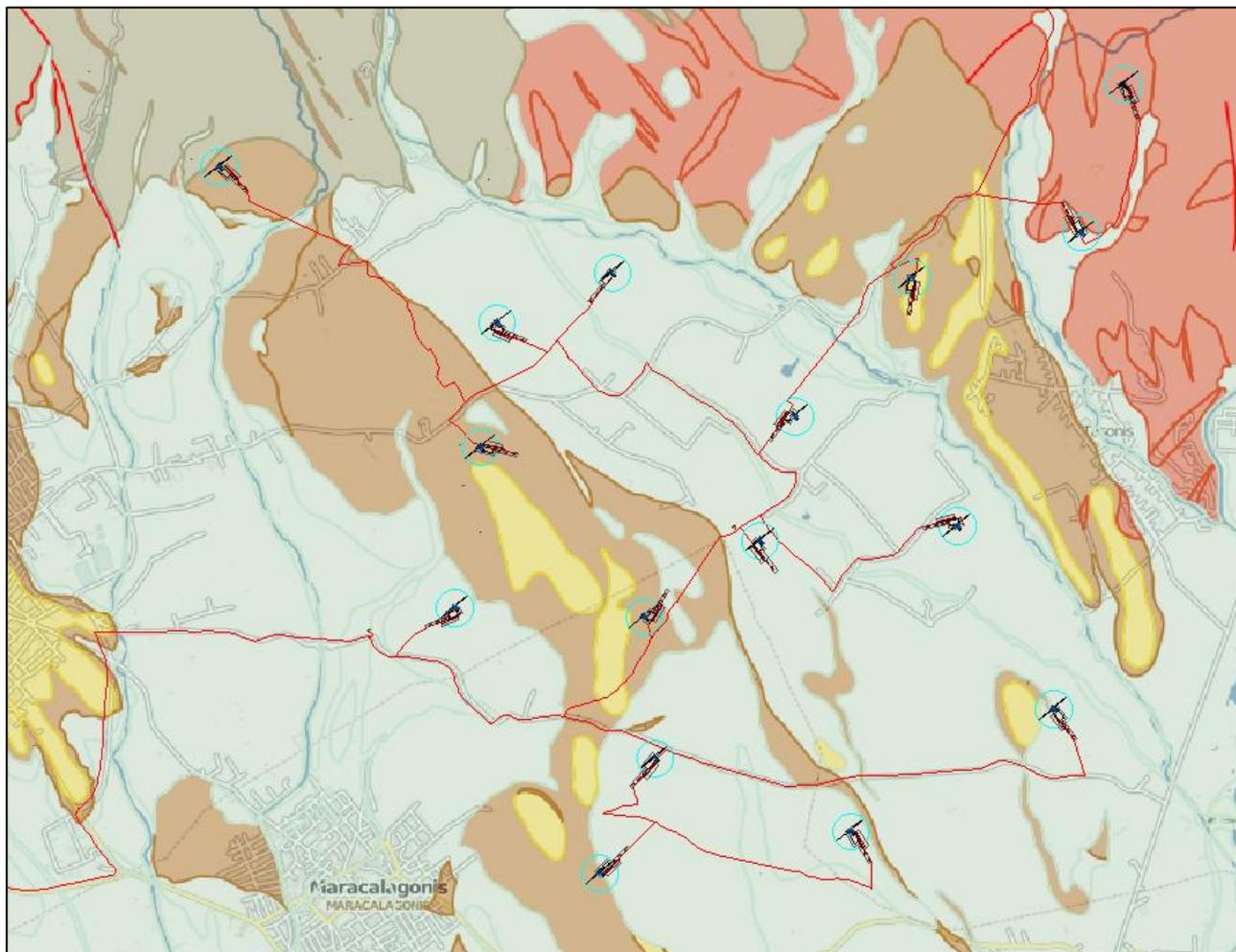
#### 3.1. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

La raccolta dei dati dei principali parametri geotecnici, si è basata sull'analisi proveniente da indagini bibliografica in quanto le necessarie indagini in situ saranno svolte nella parte esecutiva del progetto.

È stata analizzata la carta geologica disponibile sul geoportale della Regione Sardegna

<b>PHEEDRA Srl</b> Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 – Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 – Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it – web: www.pheedra.it	RELAZIONE GEOTECNICA	Pagina 4 di 36
---	----------------------	----------------

Committente: <b>ECOWIND 6 S.r.l.</b> Via Alessandro Manzoni 30 20121 Milano (MI)	PROGETTO PER LA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 122,4 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE NEI COMUNI DI SINNAI, MARACALAGONIS, QUARTUCCIU, SETTIMO SAN PIETRO E SELARGIUS (CA)	Nome del file:  <b>SIN-CIV-REL-034_00</b>
---	---	---



Come si può notare dall'estratto della relazione geologica e dallo studio della carta geologica allegata, gli aerogeneratori ricadono principalmente in tre categorie, di cui quella avente caratteristiche geomeccaniche inferiori è individuata nella tipologia **SEDIMENTI ALLUVIONALI**: depositi alluvionali terrazzati. Ghiaie con subordinate sabbie.

Per eseguire delle verifiche geotecniche preliminari sono state dunque analizzate le caratteristiche delle **ghiaie con sabbie compatte** aventi i seguenti parametri medi proposti in letteratura tecnica:

Densità relativa (%)	80
Angolo di attrito (°)	34
Modulo di Young (kg/cmq)	219
Modulo edometrico (kg/cmq)	300
Classificazione AGI	Addensato
Peso di volume (gr/cmc)	1.90
Modulo di Poisson	0.306
Coesione (kg/cmq)	0

Committente: <b>ECOWIND 6 S.r.l.</b> Via Alessandro Manzoni 30 20121 Milano (MI)	PROGETTO PER LA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 122,4 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE NEI COMUNI DI SINNAI, MARACALAGONIS, QUARTUCCIU, SETTIMO SAN PIETRO E SELARGIUS (CA)	Nome del file:  <b>SIN-CIV-REL-034_00</b>
---	---	---

#### 4. CARATTERISTICHE SISMICHE

I valori di pericolosità sismica riportati dalle seguenti carte sono espressi in termini di accelerazione massima del suolo ( $a_g$  = frazione della accelerazione di gravità), riferita a suoli rigidi ( $V_{s30} > 800$  m/s ovvero cat. A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005), con probabilità di eccedenza in 50 anni pari a: 81%, 63%, 50%, 39%, 30%, 22%, 5% e 2%.

**Si ribadisce che in questa fase i valori di  $a_g$  sono prettamente statistici, in fase esecutiva di progetto, per valutare la reale corrispondenza di tali valori bisognerà ricorrere alla procedura di analisi contenuta nella Norme Tecniche per le Costruzioni 2018.**

Per eseguire l'analisi mediante i dettami del NTC 2018, sarà necessario eseguire le indagini sismiche puntuali, così come sopra riportato, da cui ricavare il parametro  $V_{s30}$  del sottosuolo. La conoscenza di tale parametro permetterà di attribuire alla zona interessata dal progetto, una determinata categoria di suolo, così come previsto dalla tabella 3.2 II – Categorie di sottosuolo NTC 2018.

AREA INTERESSATA	INDAGINE DIRETTE	INDAGINI INDIRETTE
WTG 1	n°1 Sondaggio in corrispondenza della fondazione di progetto	n°1 Indagine "DOWN – HOLE – in corrispondenza della fondazione in progetto
WTG 2	n°1 Sondaggio in corrispondenza della fondazione di progetto	n°1 Indagine "DOWN – HOLE – in corrispondenza della fondazione in progetto
WTG 3	n°1 Sondaggio in corrispondenza della fondazione di progetto	n°1 Indagine "DOWN – HOLE – in corrispondenza della fondazione in progetto
WTG 4	n°1 Sondaggio in corrispondenza della fondazione di progetto	n°1 Indagine "DOWN – HOLE – in corrispondenza della fondazione in progetto
WTG 5	n°1 Sondaggio in corrispondenza della fondazione di progetto	n°1 Indagine "DOWN – HOLE – in corrispondenza della fondazione in progetto
WTG 6	n°1 Sondaggio in corrispondenza della fondazione di progetto	n°1 Indagine "DOWN – HOLE – in corrispondenza della fondazione in progetto
WTG 7	n°1 Sondaggio in corrispondenza della fondazione di progetto	n°1 Indagine "DOWN – HOLE – in corrispondenza della fondazione in progetto
WTG 8	n°1 Sondaggio in corrispondenza della fondazione di progetto	n°1 Indagine "DOWN – HOLE – in corrispondenza della fondazione in progetto
WTG 9	n°1 Sondaggio in corrispondenza della fondazione di progetto	n°1 Indagine "DOWN – HOLE – in corrispondenza della fondazione in progetto
WTG 10	n°1 Sondaggio in corrispondenza della fondazione di progetto	n°1 Indagine "DOWN – HOLE – in corrispondenza della fondazione in progetto
WTG 11	n°1 Sondaggio in corrispondenza della fondazione di progetto	n°1 Indagine "DOWN – HOLE – in corrispondenza della fondazione in progetto
WTG 12	n°1 Sondaggio in corrispondenza della fondazione di progetto	n°1 Indagine "DOWN – HOLE – in corrispondenza della fondazione in progetto
WTG 13	n°1 Sondaggio in corrispondenza della fondazione di progetto	n°1 Indagine "DOWN – HOLE – in corrispondenza della fondazione in progetto

Committente: <b>ECOWIND 6 S.r.l.</b> Via Alessandro Manzoni 30 20121 Milano (MI)	PROGETTO PER LA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 122,4 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE NEI COMUNI DI SINNAI, MARACALAGONIS, QUARTUCCIU, SETTIMO SAN PIETRO E SELARGIUS (CA)	Nome del file:  <b>SIN-CIV-REL-034_00</b>
---	---	---

WTG 14	n°1 Sondaggio in corrispondenza della fondazione di progetto	n°1 Indagine "DOWN – HOLE – in corrispondenza della fondazione in progetto
WTG 15	n°1 Sondaggio in corrispondenza della fondazione di progetto	n°1 Indagine "DOWN – HOLE – in corrispondenza della fondazione in progetto
WTG 16	n°1 Sondaggio in corrispondenza della fondazione di progetto	n°1 Indagine "DOWN – HOLE – in corrispondenza della fondazione in progetto
WTG 17	n°1 Sondaggio in corrispondenza della fondazione di progetto	n°1 Indagine "DOWN – HOLE – in corrispondenza della fondazione in progetto
CABINA	n°1 Sondaggio in corrispondenza della fondazione di progetto	n°1 Indagine "DOWN – HOLE – in corrispondenza della fondazione in progetto
CABINA	n°1 Sondaggio in corrispondenza della fondazione di progetto	n°1 Indagine "DOWN – HOLE – in corrispondenza della fondazione in progetto
SSE	n°1 Sondaggio in corrispondenza della fondazione di progetto	n°1 Indagine "DOWN – HOLE – in corrispondenza della fondazione in progetto

Inoltre, verranno eseguite n°2 Indagini a rifrazione per ciascuna zona che intercorre tra i diversi sondaggi diretti ossia tra le aree dove sono previste le fondazioni di progetto.

## 5. CRITERI DI PROGETTO, MODELLAZIONE GEOTECNICA - VERIFICHE

In questa fase si ipotizza la progettazione di platee di idoneo spessore per le cabine e di una fondazione su plinti di forma quadrangolare con una larghezza e lunghezza pari a 20,00 m ed una altezza massima di 4 m, poggianti su pali trivellati aventi una lunghezza di 30,00m. A seguito delle indagini specialistiche si potranno dimensionare le fondazioni in modo più accurato.

Le torri eoliche in progetto, per semplicità di calcolo, si ipotizzano poggianti su terreni aventi tutti la stessa tipologia di progetto.

Gli aerogeneratori secondo progetto saranno ubicati per gran parte sulle aree sommitali dei vari rilievi collinari presenti nell'intera area in esame. In tali zone di "crinale" la copertura di alterazione (suolo) del substrato "roccioso" può in taluni casi presentarsi con uno spessore più ridotto rispetto alle zone di versante, così come in generale i crinali appaiono zone più stabili.

Ove il substrato "roccioso integro" sarà rinvenuto a breve profondità dal piano campagna (tali condizioni potranno essere analizzate solo dopo opportune indagini geognostiche in situ) le strutture fondali delle opere in progetto sia esse di tipo superficiale (platea) sia di tipo profondo (pali) dovranno interessare ("essere attestate") tale substrato roccioso locale "inalterato". Si tratterà, quindi, di realizzare in ogni caso fondazioni su substrato roccioso, anche se di natura flyschoidale.

Nel caso di fondazioni superficiali su **substrato roccioso**, sia esso carbonatico, arenaceo e argilloso (argille sovraconsolidate), la resistenza della roccia base in situ, come riportato da alcune pubblicazioni a carattere tecnico-scientifico, è probabilmente dello stesso ordine di grandezza di quella del calcestruzzo di fondazione. Questo se la roccia è integra.

Nel caso di rocce non integre, la presenza di fratture (ancor più di diverse famiglie di fratture) o una profonda alterazione (pedogenizzazione, argillificazione, ecc.) può determinare un aumento drastico della compressibilità delle masse rocciose. Il grado di influenza nel caso, per esempio, di un substrato roccioso carbonatico interessato da "faturazione" appare legato alla suddivisione e alla dimensione delle fratture, alla larghezza delle fratture stesse (nel caso di fratture beanti) e al fatto se esse siano riempite o meno da sedimenti compressibili. Per tenere conto della possibilità che la roccia non sia integra è consuetudine usare coefficienti

<b>PHEEDRA Srl</b> Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 – Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 – Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it – web: www.pheedra.it	RELAZIONE GEOTECNICA	Pagina 7 di 36
---	----------------------	----------------

Committente: <b>ECOWIND 6 S.r.l.</b> Via Alessandro Manzoni 30 20121 Milano (MI)	PROGETTO PER LA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 122,4 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE NEI COMUNI DI SINNAI, MARACALAGONIS, QUARTUCCIU, SETTIMO SAN PIETRO E SELARGIUS (CA)	Nome del file:  <p style="text-align: right;"><b>SIN-CIV-REL-034_00</b></p>
---	---	---

di sicurezza elevati (ad esempio da 6 a 10 rispetto alla resistenza a compressione uniassiale  $q_u$ ) e, nel caso in cui si verifica la situazione di un semplice contatto tra calcestruzzo e roccia, di usare non più della resistenza a compressione del calcestruzzo come capacità portante della roccia.

In generale la capacità portante nel caso di fondazioni superficiali in roccia si esprime come:

$$q_o = C * q_u$$

ove C può essere solitamente dell'ordine di 0,2-0,3.

Per quanto attiene il caso di un substrato roccioso flyschoidale, costituito da alternanze di calcari, argille, marne ed arenarie, da vari lavori presenti nella letteratura scientifico-tecnica e riguardanti la caratterizzazione geomeccanica di diversi ammassi rocciosi, con diversi gradi di fratturazione e di alterazione, è possibile attribuire ad esso un valore medio di resistenza a compressione uniassiale pari a circa 1-2 MPa. Per quanto attiene il caso di fondazioni su roccia di tipo profondo (pali) la letteratura scientifico-tecnica propone di considerare la "capacità portante ultima strutturale" del palo stesso  $V_s$  che può essere espressa come:

$$V_s = \Phi * P$$

ove P è la resistenza massima di un pilastro sottoposto a compressione semplice e  $\Phi$  un fattore di riduzione della capacità del palo che varia in funzione dei differenti tipi di palo, dalle incertezze ed imprecisioni proprie nella costruzione dei pali e delle distorsioni degli assi del palo.

## 5.1. DETERMINAZIONE DELLA PORTANZA VERTICALE DI FONDAZIONI PROFONDE

Dal momento che gli aerogeneratori andranno ad attestarsi nel substrato "substrato flyschoidale", vista sia la situazione stratigrafica e geomeccanica dei terreni di sedime, sia le caratteristiche strutturali dell'opera in progetto, si ritiene che per essa la soluzione fondale più idonea sia, in tale situazione, l'adozione di fondazioni di tipo profondo.

Tale struttura fondale potrà essere realizzata tramite una palificata costituita da pali di grande diametro armati per tutto il loro sviluppo per la presenza di carichi orizzontali (sisma) e di lunghezza tale da andarsi ad attestare almeno a partire dalla quota di 25 - 30 m dal piano campagna laddove si rinvenivano litotipi con caratteristiche geomeccaniche idonee.

Prendendo in esame in prima analisi pali trivellati è stato calcolato il valore del carico assiale limite ( $Q_{lim}$ ) assumendo per il singolo palo un diametro  $\varnothing = 1$  m.

Per la determinazione della portanza verticale di fondazioni profonde si fa riferimento a due contributi: la "portanza di punta" e la "portanza per attrito laterale". Queste due componenti in genere sono calcolate in maniera autonoma dato che risulta molto difficoltoso, tranne che in poche situazioni, stabilire quanta parte del carico è assorbita dall'attrito laterale e quanta dalla resistenza alla punta. Nel seguito, ai fini del calcolo della portanza verticale, si assumeranno le seguenti espressioni generali valide per il caso di palo soggetto a compressione e per il caso di palo soggetto a trazione (nel calcolo della portanza verticale è possibile tenere in conto tutti o solo uno dei contributi su definiti):

<b>PHEEDRA Srl</b> Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 - Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 - Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it - web: www.pheedra.it	<p style="text-align: center;">RELAZIONE GEOTECNICA</p>	<p style="text-align: right;">Pagina 8 di 36</p>
---	---	--

Committente: <b>ECOWIND 6 S.r.l.</b> Via Alessandro Manzoni 30 20121 Milano (MI)	PROGETTO PER LA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 122,4 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE NEI COMUNI DI SINNAI, MARACALAGONIS, QUARTUCCIU, SETTIMO SAN PIETRO E SELARGIUS (CA)	Nome del file:  <b>SIN-CIV-REL-034_00</b>
---	---	---

$$\begin{aligned}
 Q_C &= \frac{Q_P}{\eta_P} + \frac{Q_L}{\eta_L} - W_{ATT.NEG.} - W_P \quad (\text{caso di palo in compressione}) & Q_T \\
 &= \frac{Q_L}{\eta_L} + W_P \quad (\text{caso di palo in trazione})
 \end{aligned}$$

dove i simboli su riportati hanno il seguente significato:

- $Q_C$  resistenza a compressione del palo
- $Q_T$  resistenza a trazione del palo
- $Q_P$  carico limite verticale alla punta del palo
- $Q_L$  carico limite verticale lungo la superficie laterale del palo
- $W_{ATT.NEG.}$  attrito negativo agente sul palo
- $W_P$  peso totale del palo
- $\eta_P$  coefficiente di sicurezza per carico limite verticale alla punta del palo
- $\eta_L$  coefficiente di sicurezza per carico limite verticale lungo la superficie laterale del palo

I valori del carico limite verticale alla punta del palo " $Q_P$ " e del carico limite verticale lungo la superficie laterale del palo " $Q_L$ " sono determinati con le note "formule statiche". Queste esprimono i valori di cui sopra in funzione della geometria del palo, delle caratteristiche geotecniche del terreno in cui è immerso, della modalità esecutiva e dell'interfaccia palo-terreno.

Di seguito si illustrano le metodologie con le quali saranno determinati i valori prima citati; è necessario tenere presente che tali metodi sono riferiti al calcolo del "singolo palo" e per estendere tale modalità computazione al caso di "pali in gruppo" si farà ricorso ai "coefficienti d'efficienza", in questo modo si potrà tenere in debito conto l'interferenza reciproca che i pali esercitano.

## 5.2. CARICO LIMITE VERTICALE ALLA PUNTA DEL PALO

Il valore del carico limite verticale alla punta del palo, indipendentemente dal metodo utilizzato per la sua determinazione, è condizionato dalla modalità esecutiva. Esso varia notevolmente a seconda che il palo sia del tipo "infisso" o "trivellato" poiché le caratteristiche fisico-meccaniche del terreno circostante il palo variano in seguito alle operazioni d'installazione. Di conseguenza, per tenere conto della modalità esecutiva nel calcolo dei coefficienti di portanza, si propone di modificare il valore dell'angolo di resistenza a taglio secondo quanto suggerito da Kishida (1967):

$$\phi_{cor} = \frac{\phi + 40}{2} \quad (\text{per pali infissi}) \qquad \phi_{cor} = \phi - 3^\circ \quad (\text{per pali trivellati})$$

Con la correzione di cui sopra si determineranno i fattori adimensionali di portanza che sono presenti nella relazione per la determinazione del carico limite verticale alla punta che assume la seguente espressione:

$$Q_P = A_P \cdot (q_P \cdot N_q^* + c \cdot N_c^*)$$

<b>PHEEDRA Srl</b> Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 - Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 - Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it - web: www.pheedra.it	RELAZIONE GEOTECNICA	Pagina 9 di 36
---	----------------------	----------------

Committente: <b>ECOWIND 6 S.r.l.</b> Via Alessandro Manzoni 30 20121 Milano (MI)	PROGETTO PER LA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 122,4 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE NEI COMUNI DI SINNAI, MARACALAGONIS, QUARTUCCIU, SETTIMO SAN PIETRO E SELARGIUS (CA)	Nome del file:  <b>SIN-CIV-REL-034_00</b>
---	---	---

dove i simboli su riportati hanno il seguente significato:

- $A_p$  superficie portante efficace della punta del palo
- $q_p$  pressione del terreno presente alla punta del palo
- $c$  coesione del terreno alla punta del palo (nel caso di condizione non drenata  $c = c_u$ )
- $N_q^*, N_c^*$  fattori adimensionali di portanza funzione dell'angolo d'attrito interno  $\varphi_{\chi op}$  del terreno già corretti

In letteratura esistono diverse formulazioni per il calcolo dei fattori adimensionali di portanza, di seguito si riportano quelle che sono state implementate:

**Formulazione di Meyerhof per base poggiate su terreni sciolti (1951)**

1. se  $\varphi \neq 0$  (condizione drenata) si ha:

$$\begin{aligned}
 N_q &= \text{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right) \cdot e^{\pi \cdot \text{tg}(\phi)} & N_c &= (N_q - 1) \cdot \text{ctg}(\phi) \\
 s_q &= 1 + 0.1 \cdot \text{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right) & s_c &= 1 + 0.2 \cdot \text{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right) && \text{(fattori di forma)} \\
 d_q &= 1 + 0.1 \cdot \frac{L}{D} \cdot \sqrt{\text{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right)} & d_c &= 1 + 0.2 \cdot \frac{L}{D} \cdot \sqrt{\text{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right)} && \text{(fattori d'approfondimento)} \\
 N_q^* &= N_q \cdot s_q \cdot d_q & N_c^* &= N_c \cdot s_c \cdot d_c
 \end{aligned}$$

2. se  $\varphi = 0$  (condizione non drenata) si ha:

$$\begin{aligned}
 N_q &= 1.00 & N_c &= \pi + 2 \\
 s_q &= 1.00 & s_c &= 1.20 && \text{(fattori di forma)} \\
 d_q &= 1.00 & d_c &= 1 + 0.2 \cdot \frac{L}{D} && \text{(fattori d'approfondimento)} \\
 N_q^* &= N_q \cdot s_q \cdot d_q & N_c^* &= N_c \cdot s_c \cdot d_c
 \end{aligned}$$

**Formulazione di Hansen per base poggiate su terreni sciolti (1970)**

1. se  $\varphi \neq 0$  (condizione drenata) si ha:

$$\begin{aligned}
 N_q &= \text{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right) \cdot e^{\pi \cdot \text{tg}(\phi)} & N_c &= (N_q - 1) \cdot \text{ctg}(\phi)
 \end{aligned}$$

Committente: <b>ECOWIND 6 S.r.l.</b> Via Alessandro Manzoni 30 20121 Milano (MI)	PROGETTO PER LA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 122,4 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE NEI COMUNI DI SINNAI, MARACALAGONIS, QUARTUCCIU, SETTIMO SAN PIETRO E SELARGIUS (CA)	Nome del file:  <b>SIN-CIV-REL-034_00</b>
---	---	---

$$s_q = 1 + \operatorname{tg}(\phi) \qquad s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} \qquad \text{(fattori di forma)}$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot \operatorname{tg}(\phi) \cdot (1 - \operatorname{sen}(\phi))^2 \cdot \theta \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \theta \qquad \text{(fattori d'approfondimento)}$$

$$\text{dove: se } \frac{L}{D} \leq 1 \Rightarrow \theta = \frac{L}{D}, \text{ se } \frac{L}{D} > 1 \Rightarrow \theta = \operatorname{arctg}\left(\frac{L}{D}\right)$$

$$N_q^* = N_q \cdot s_q \cdot d_q \qquad N_c^* = N_c \cdot s_c \cdot d_c$$

2. se  $\phi = 0$  (condizione non drenata) si ha:

$$N_q = 1.00 \qquad N_c = \pi + 2$$

$$s_q = 1.00 \qquad s_c = 1.20 \qquad \text{(fattori di forma)}$$

$$d_q = 1.00 \qquad d_c = 1 + 0.4 \cdot \theta \qquad \text{(fattori d'approfondimento)}$$

$$N_q^* = N_q \cdot s_q \cdot d_q \qquad N_c^* = N_c \cdot s_c \cdot d_c$$

### Formulazione di Zeevaert per base poggiate su terreni sciolti (1972)

1. se  $\phi \neq 0$  (condizione drenata) si ha:

$$N_q^* = \frac{\cos^2(\phi)}{2 \cdot \cos^2\left(\frac{\pi + \phi}{4}\right)} \cdot e^{\left(\frac{\pi + \phi}{2}\right) \cdot \operatorname{tg}(\phi)} \qquad N_c^* = (N_q - 1) \cdot \operatorname{ctg}(\phi)$$

2. se  $\phi = 0$  (condizione non drenata) si ha:

$$N_q^* = 1.00 \qquad N_c^* = 9.00$$

### Formulazione di Berezantzev per base poggiate su terreni sciolti (1970)

Berezantzev fa riferimento ad una superficie di scorrimento "alla Terzaghi" che si arresta sul piano della punta del palo. Inoltre, considera il cilindro di terreno coassiale al palo (avente diametro pari all'estensione in sezione della superficie di scorrimento) in parte sostenuto da tensioni tangenziali dal rimanente terreno presente lungo la superficie laterale del cilindro. Conseguentemente il valore della pressione presente alla punta del palo è inferiore alla corrispondente pressione litostatica ed è influenzata dal rapporto tra la profondità alla quale è posta la punta "L" del palo e il diametro "D" dello stesso. Quindi il valore di  $N_q^*$  è influenzato da questo effetto "Silo". I valori che l'autore propone sono:

1. se  $\phi \neq 0$  (condizione drenata) si ha:

<b>PHEEDRA Srl</b> Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 - Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 - Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it - web: www.pheedra.it	RELAZIONE GEOTECNICA	Pagina 11 di 36
---	----------------------	-----------------

Committente: <b>ECOWIND 6 S.r.l.</b> Via Alessandro Manzoni 30 20121 Milano (MI)	<b>PROGETTO PER LA COSTRUZIONE ED          ESERCIZIO DI UN PARCO EOLICO DELLA          POTENZA DI 122,4 MW E RELATIVE OPERE DI          CONNESSIONE NEI COMUNI DI SINNAI,          MARACALAGONIS, QUARTUCCIU, SETTIMO SAN          PIETRO E SELARGIUS (CA)</b>	Nome del file:  <b>SIN-CIV-REL-034_00</b>
---	--	---

Valori di  $N_q^*$  per pali di diametro fino a 80.0 cm.

$L/\Delta$	8°	16°	18°	20°	22°	24°	26°	28°	30°	32°	34°	36°	38°	40°	42°	44°	46°	48°	50°
4	1.07	2.18	3.15	4.72	7.15	10.73	15.85	22.95	32.62	45.56	62.69	85.18	114.53	152.71	202.32	266.82	350.86	460.79	605.36
12	1.04	1.77	2.46	3.64	5.52	8.42	12.71	18.85	27.44	39.21	55.07	76.20	104.13	140.81	188.86	251.72	334.05	442.17	584.82
20	1.03	1.63	2.20	3.20	4.82	7.38	11.22	16.82	24.76	35.79	50.83	71.06	98.01	133.65	180.59	242.29	323.39	430.21	571.48
28	1.03	1.54	2.05	2.93	4.40	6.72	10.26	15.48	22.96	33.43	47.84	67.37	93.54	128.35	174.39	235.13	315.21	420.95	561.08
36	1.02	1.49	1.94	2.75	4.10	6.26	9.57	14.49	21.60	31.64	45.53	64.48	90.00	124.10	169.36	229.27	308.46	413.26	552.38
50	1.02	1.42	1.82	2.53	3.74	5.68	8.70	13.23	19.84	29.27	42.45	60.56	85.14	118.18	162.30	220.95	298.80	402.16	539.74
75	1.02	1.35	1.69	2.30	3.33	5.02	7.69	11.74	17.73	26.37	38.58	55.55	78.82	110.38	152.84	209.67	285.53	386.74	522.01
100	1.01	1.31	1.61	2.14	3.07	4.60	7.02	10.74	16.28	24.34	35.84	51.95	74.19	104.56	145.68	201.02	275.23	374.64	507.95
200	1.01	1.22	1.44	1.84	2.54	3.71	5.60	8.56	13.05	19.73	29.43	43.30	62.82	89.95	127.29	178.30	247.63	341.59	468.90
500	1.01	1.14	1.29	1.55	2.02	2.82	4.14	6.24	9.50	14.45	21.83	32.64	48.25	70.49	101.85	145.69	206.57	290.75	406.87

Valori di  $N_q^*$  per pali di diametro maggiore a 80.0 cm.

$L/\Delta$	8°	16°	18°	20°	22°	24°	26°	28°	30°	32°	34°	36°	38°	40°	42°	44°	46°	48°	50°
4	1.16	3.09	3.95	5.04	6.44	8.22	10.50	13.41	17.12	21.87	27.92	35.65	45.53	58.14	74.24	94.80	121.05	154.57	197.38
12	1.21	3.14	3.98	5.05	6.42	8.14	10.34	13.13	16.68	21.18	26.90	34.17	43.41	55.15	70.07	89.03	113.13	143.77	182.72
20	1.26	3.18	4.01	5.06	6.39	8.06	10.18	12.85	16.23	20.49	25.88	32.69	41.29	52.16	65.89	83.26	105.21	132.97	168.06
28	1.30	3.22	4.04	5.07	6.36	7.99	10.02	12.57	15.78	19.81	24.86	31.20	39.17	49.16	61.72	77.49	97.29	122.16	153.40
36	1.35	3.27	4.07	5.08	6.34	7.91	9.86	12.30	15.33	19.12	23.84	29.72	37.04	46.17	57.55	71.72	89.38	111.36	138.75
44	1.39	3.31	4.10	5.09	6.31	7.83	9.70	12.02	14.88	18.43	22.81	28.23	34.92	43.18	53.38	65.95	81.46	100.56	124.09
52	1.44	3.35	4.14	5.10	6.29	7.75	9.54	11.74	14.44	17.74	21.79	26.75	32.80	40.19	49.21	60.18	73.54	89.76	109.43
56	1.46	3.37	4.15	5.10	6.27	7.71	9.46	11.60	14.21	17.40	21.28	26.00	31.74	38.70	47.12	57.30	69.58	84.36	102.10
60	1.49	3.39	4.17	5.11	6.26	7.67	9.38	11.46	13.99	17.06	20.77	25.26	30.68	37.20	45.03	54.42	65.62	78.96	94.77
65	1.51	3.42	4.19	5.12	6.25	7.62	9.28	11.29	13.71	16.63	20.13	24.33	29.35	35.33	42.43	50.81	60.67	72.21	85.61

$$N_c^* = (N_q - 1) \cdot \text{ctg}(\phi)$$

2. se  $\phi = 0$  (condizione non drenata) si ha:

$$N_q^* = 1.00$$

$$N_c^* = 9.00$$

**Formulazione di Vesic per base poggiate su terreni sciolti (1975)**

1. se  $\phi \neq 0$  (condizione drenata) si ha:

<b>PHEEDRA Srl</b> Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 - Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 - Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it - web: www.pheedra.it	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>	Pagina 12 di 36
---	-----------------------------	-----------------

Committente: <b>ECOWIND 6 S.r.l.</b> Via Alessandro Manzoni 30 20121 Milano (MI)	PROGETTO PER LA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 122,4 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE NEI COMUNI DI SINNAI, MARACALAGONIS, QUARTUCCIU, SETTIMO SAN PIETRO E SELARGIUS (CA)	Nome del file:  <p style="text-align: right;"><b>SIN-CIV-REL-034_00</b></p>
---	---	---

$$N_q^* = \frac{3}{3 - \sin(\phi)} \cdot \operatorname{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right) \cdot I_{rr}^{\frac{4 - \sin(\phi)}{3 \cdot (1 + \sin(\phi))}} \cdot e^{(\frac{\pi}{2} - \phi) \cdot \operatorname{tg}(\phi)} \quad N_c^* = (N_q - 1) \cdot \operatorname{ctg}(\phi)$$

$$I_{rr} = \frac{I_r}{1 + \varepsilon_v \cdot I_r} \quad \varepsilon_v = \frac{q_p \cdot \alpha}{E_t} \cdot \frac{(1 + \nu) \cdot (1 - 2 \cdot \nu)}{(1 - \nu)} \quad I_r = \frac{E_t}{2 \cdot (1 + \nu) \cdot (c + q_p \cdot \alpha \cdot \operatorname{tg}(\phi))} \square$$

2. se  $\phi = 0$  (condizione non drenata) si ha:

$$N_q^* = 1.00$$

$$N_c^* = \frac{4}{3} \cdot (\log_n(I_{rr}) + 1) + \frac{\pi}{2} + 1$$

dove i simboli su riportati hanno il seguente significato:

- $E_t$  modulo elastico del terreno alla profondità della punta del palo
- $\nu$  coefficiente di Poisson del terreno alla profondità della punta del palo
- $\alpha$  coefficiente di riduzione della pressione del terreno presente alla profondità della punta del palo

Nel caso in cui si scelga di effettuare la riduzione della pressione del terreno presente alla profondità della punta del palo (cioè  $\alpha \neq 1$ ) il coefficiente di riduzione " $\alpha$ " assume la seguente espressione:

$$\alpha = \frac{1 + 2 \cdot K_0}{3} \quad \text{dove: se } \phi \neq 0 \Rightarrow K_0 = 1 - \sin(\phi); \quad \text{se } \phi = 0 \Rightarrow K_0 = \frac{\nu}{1 - \nu}$$

#### **Formulazione di Janbu per base poggiate su terreni sciolti (1976)**

1. se  $\phi \neq 0$  (condizione drenata) si ha:

$$N_q^* = \left(\operatorname{tg}(\phi) + \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2(\phi)}\right)^2 \cdot e^{2 \cdot \vartheta \cdot \operatorname{tg}(\phi)} \quad N_c^* = (N_q - 1) \cdot \operatorname{ctg}(\phi)$$

$$\vartheta = 60 + 0.45 \cdot Dr$$

dove " $Dr$ " è la densità relativa del terreno.

2. se  $\phi = 0$  (condizione non drenata) si ha:

$$N_q^* = 1.00$$

$$N_c^* = 5.74$$

<b>PHEEDRA Srl</b> Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 - Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 - Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it - web: www.pheedra.it	RELAZIONE GEOTECNICA	Pagina 13 di 36
---	----------------------	-----------------

Committente: <b>ECOWIND 6 S.r.l.</b> Via Alessandro Manzoni 30 20121 Milano (MI)	PROGETTO PER LA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 122,4 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE NEI COMUNI DI SINNAI, MARACALAGONIS, QUARTUCCIU, SETTIMO SAN PIETRO E SELARGIUS (CA)	Nome del file:  <p style="text-align: right;"><b>SIN-CIV-REL-034_00</b></p>
---	---	---

### Formulazione di Terzaghi per base poggiate su roccia (1943)

Per la determinazione del carico limite nel caso di presenza di ammasso roccioso bisogna valutare molto attentamente il grado di solidità della roccia stessa. Tale valutazione viene in genere eseguita stimando l'indice *RQD* (Rock Quality Designation) che rappresenta una misura della qualità di un ammasso roccioso. Tale indice può variare da un minimo di 0 (caso in cui la lunghezza dei pezzi di roccia estratti dal carotiere è inferiore a 100 mm) ad un massimo di 1 (caso in cui la carota risulta integra) ed è calcolato nel seguente modo:

$$RQD = \frac{\sum \text{lunghezze dei pezzi di roccia intatta} > 100\text{mm}}{\text{lunghezza del carotiere}}$$

Se il valore di *RQD* è molto basso la roccia è molto fratturata ed il calcolo della capacità portante dell'ammasso roccioso va condotto alla stregua di un terreno sciolto utilizzando tutte le formulazioni sopra descritte.

$$N_q = \frac{c^2 \cdot \left(\frac{3 \cdot \pi}{4} - \frac{\phi}{2}\right) \cdot \text{tg}(\phi)}{2 \cdot \cos^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right)}$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \text{ctg}(\phi) \quad \text{se } \phi = 0 \Rightarrow N_c = \frac{3}{2} \cdot \pi + 1$$

$$s_q = 1.00 \quad s_c = 1.30 \quad (\text{fattori di forma})$$

$$N_q^* = RQD^2 \cdot N_q \cdot s_q \quad N_c^* = RQD^2 \cdot N_c \cdot s_c$$

### Formulazione di Stagg - Zienkiewicz per base poggiate su roccia (1968)

$$N_q = \text{tg}^6\left(\frac{90^\circ + \phi}{2}\right) \quad N_c = 5 \cdot \text{tg}^4\left(\frac{90^\circ + \phi}{2}\right)$$

$$s_q = 1.00 \quad s_c = 1.30 \quad (\text{fattori di forma})$$

$$N_q^* = RQD^2 \cdot N_q \cdot s_q \quad N_c^* = RQD^2 \cdot N_c \cdot s_c$$

## 5.3. CARICO LIMITE VERTICALE LUNGO LA SUPERFICIE LATERALE DEL PALO

Il valore del carico limite verticale lungo la superficie laterale del palo è dato dall'integrale esteso a tutta la superficie laterale del palo delle tensioni tangenziali che si sviluppano all'interfaccia palo-terreno in condizioni limite:

$$Q_L = \int_{\Gamma} \tau_{\text{lim}} \cdot d\Gamma = \int_0^L (c_a + \sigma_h \cdot \text{tg}(\delta)) \cdot P_{\text{lat}} \cdot dz$$

dove i simboli sopra riportati hanno il seguente significato:

- $\chi_a$  adesione all'interfaccia terreno-palo alla generica profondità "z"
- $\sigma_h$  tensione orizzontale alla generica profondità "z"

<b>PHEEDRA Srl</b> Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 - Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 - Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it - web: www.pheedra.it	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>	Pagina 14 di 36
---	-----------------------------	-----------------

Committente: <b>ECOWIND 6 S.r.l.</b> Via Alessandro Manzoni 30 20121 Milano (MI)	PROGETTO PER LA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 122,4 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE NEI COMUNI DI SINNAI, MARACALAGONIS, QUARTUCCIU, SETTIMO SAN PIETRO E SELARGIUS (CA)	Nome del file:  <p style="text-align: right;"><b>SIN-CIV-REL-034_00</b></p>
---	---	---

- $\delta$       angolo di resistenza a taglio all'interfaccia terreno-palo alla generica profondità "z"
- $\Pi_{lat}$     perimetro della sezione trasversale del palo alla generica profondità "z"
- $L$         sviluppo longitudinale del palo

Analogamente al carico limite alla punta, anche il valore del carico limite verticale lungo la superficie laterale del palo varia notevolmente a seconda che esso sia del tipo "infisso" o "trivellato" a causa del diverso comportamento del terreno circostante in palo. Conseguentemente i parametri sopra riportati possono essere correlati da leggi diverse in funzione delle modalità di esecuzione del palo. Di seguito si descrivono quelle che sono state implementate.

L'adesione " $c_a$ " è correlata alla coesione " $c$ " nel caso di condizioni drenate; oppure alla coesione non drenata " $c_u$ " nel caso di condizioni non drenate, per mezzo del coefficiente d'adesione " $\psi$ " secondo la seguente relazione:

$$c_a = c_* \cdot \psi \quad \text{dove: } c_* = c \text{ (in condizione drenata);}$$

$$c_* = c_u \text{ (in condizione non drenata).}$$

Esprimendo il valore di " $c$ " in N/cm<sup>2</sup>, il coefficiente d'adesione " $\psi$ " può assumere i seguenti valori:

**Caquot-Kerisel (consigliato per pali trivellati)**

$$\psi = \frac{100 + c_*^2}{100 + 7 \cdot c_*^2}$$

**Meyerhof-Murdock (consigliato per pali trivellati)**

$$\begin{aligned} \text{se } c_* \leq 5.00 \text{ N/cm}^2 & \Rightarrow \psi = 1.000 - 0.100 \cdot c_* \\ \text{se } c_* > 5.00 \text{ N/cm}^2 & \Rightarrow \psi = 0.525 - 0.005 \cdot c_* \end{aligned}$$

**Whitaker-Cooke (consigliato per pali trivellati)**

$$\begin{aligned} \text{se } c_* \leq 2.50 \text{ N/cm}^2 & \Rightarrow \psi = 0.90 \\ \text{se } 2.50 < c_* \leq 5.00 \text{ N/cm}^2 & \Rightarrow \psi = 0.80 \\ \text{se } 5.00 < c_* \leq 7.50 \text{ N/cm}^2 & \Rightarrow \psi = 0.60 \\ \text{se } c_* > 7.50 \text{ N/cm}^2 & \Rightarrow \psi = 0.40 \end{aligned}$$

**Woodward (consigliato per pali trivellati)**

Committente: <b>ECOWIND 6 S.r.l.</b> Via Alessandro Manzoni 30 20121 Milano (MI)	PROGETTO PER LA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 122,4 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE NEI COMUNI DI SINNAI, MARACALAGONIS, QUARTUCCIU, SETTIMO SAN PIETRO E SELARGIUS (CA)	Nome del file:  <b>SIN-CIV-REL-034_00</b>
---	---	---

se $c_s \leq 4.00 \text{ N/cm}^2$	$\Rightarrow$	$\psi = 0.90$
se $4.00 < c_s \leq 8.00 \text{ N/cm}^2$	$\Rightarrow$	$\psi = 0.60$
se $8.00 < c_s \leq 12.00 \text{ N/cm}^2$	$\Rightarrow$	$\psi = 0.50$
se $12.00 < c_s \leq 20.00 \text{ N/cm}^2$	$\Rightarrow$	$\psi = 0.40$
se $c_s > 20.00 \text{ N/cm}^2$	$\Rightarrow$	$\psi = 0.30$

**Viggiani e altri (consigliato per pali infissi)**

se $c_s \leq 5.00 \text{ N/cm}^2$	$\Rightarrow$	$\psi = 1.00$
se $5.00 < c_s \leq 10.00 \text{ N/cm}^2$	$\Rightarrow$	$\psi = 0.70$
se $10.00 < c_s \leq 15.00 \text{ N/cm}^2$	$\Rightarrow$	$\psi = 0.50$
se $15.00 < c_s \leq 20.00 \text{ N/cm}^2$	$\Rightarrow$	$\psi = 0.40$
se $c_s > 20.00 \text{ N/cm}^2$	$\Rightarrow$	$\psi = 0.30$

Il valore della tensione orizzontale " $\sigma_h$ " è correlato al valore della pressione verticale " $\sigma_v$ " per mezzo del coefficiente di spinta orizzontale " $K_s$ " secondo la seguente relazione:

$$\sigma_h = \sigma_v \cdot K_s$$

Il valore di " $K_s$ " dipende essenzialmente dal tipo di terreno e dal suo stato d'addensamento nonché dalla tecnologia utilizzata per l'installazione.

Il programma permette di scegliere tra differenti teorie per il calcolo di  $K_s$ .

**1. Opzione 1:**

Metodo "Tomlinson (1971)"

$K_s$  può variare da un limite inferiore pari al coefficiente di spinta a riposo " $K_0$ " fino a valori prossimi al coefficiente di spinta passiva " $K_p$ "; i valori proposti sono:

pali trivellati:  $K_s = K_0 = 1 - \text{sen}(\phi)$

pali infissi:  $K_s =$  variabile da:  $K_p = 1 + \text{tg}^2(\phi)$  in sommità fino a  $K_0 = 1 - \text{sen}(\phi)$  alla punta

**2. Opzione 2:**

Metodo di "Kulhavy (1983)"

pali trivellati:  $K_s = \alpha K_0$  con  $\alpha$  variabile tra 2/3 e 1

pali infissi:  $K_s = \alpha K_0$  con  $\alpha$  variabile da 3/4, per compattazione del terreno trascurabile, fino a 2, nel caso di compattazione significativa.

Committente: <b>ECOWIND 6 S.r.l.</b> Via Alessandro Manzoni 30 20121 Milano (MI)	PROGETTO PER LA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 122,4 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE NEI COMUNI DI SINNAI, MARACALAGONIS, QUARTUCCIU, SETTIMO SAN PIETRO E SELARGIUS (CA)	Nome del file:  <b>SIN-CIV-REL-034_00</b>
---	---	---

Il valore dell'angolo di resistenza al taglio all'interfaccia terreno-palo " $\delta$ " è funzione della scabrezza della superficie del palo e quindi della modalità esecutiva; i valori proposti sono:

$$\delta = \arctg(\tg(\phi)) \quad (\text{per pali trivellati}) \quad \delta = \arctg\left(\frac{3}{4} \cdot \tg(\phi)\right) \quad (\text{per pali infissi})$$

## 6. TABULATI DI CALCOLO

### 6.1. SIMBOLOGIA ADOTTATA NEI TABULATI DI CALCOLO

Per maggior chiarezza nella lettura dei tabulati di calcolo viene riportata la descrizione dei simboli principali utilizzati nella stesura degli stessi. Per comodità di lettura la legenda è suddivisa in paragrafi con la stessa modalità in cui sono stampati i tabulati di calcolo.

#### ***Dati geometrici degli elementi costituenti le fondazioni profonde***

- X elem.      ascissa nel riferimento globale dell'elemento
- Y elem.      ordinata nel riferimento globale dell'elemento
- Profon.      profondità del piano di posa dell'elemento a partire dal piano campagna
- Base          larghezza della sezione trasversale dell'elemento
- Lungh.        dimensione dello sviluppo longitudinale dell'elemento
- Altez.        altezza della sezione trasversale dell'elemento
- Rotaz.        rotazione dell'elemento rispetto al suo baricentro
- Grup. ap.    nel caso cui l'elemento faccia parte di una palificata, rappresenta il numero identificativo della stessa
- Ind. Strat.    indice della stratigrafia associata all'elemento
- Tip. iniez.    tipologia d'iniezione dei micropali ai fini del calcolo della portanza secondo le raccomandazioni di Bustamante e Doix (No iniez. = assenza d'iniezione, Iniez.uni. = iniezione unica, Iniez.rip. = iniezione ripetuta)
- Tip. ter.      tipologia di terreno ai fini del calcolo della portanza secondo le raccomandazioni di Bustamante e Doix (Coes. = coesivo, Inc. = incoerente)
- Dia. P.        diametro fusto del palo
- Lun. P.        lunghezza totale del palo
- Lun. L.        lunghezza tratto del palo senza contributo di terreno
- Dis. P.        distanza del baricentro del palo dal bordo del plinto
- In. Px         interasse principale del palo
- In. Py         interasse secondario del palo
- Dia. B.        diametro bulbo del palo
- Lun. B.        lunghezza della sbulbatura del palo
- E.C.V.         coefficiente d'efficienza per carico limite verticale del singolo palo
- E.C.C.         coefficiente d'efficienza per carico critico verticale del singolo palo
- E.C.T.         coefficiente d'efficienza per carico limite trasversale del singolo palo
- Svin. testa    codice di svincolo alla rotazione in testa al palo (0 = non attivo, 1 = attivo)
- Vin. piede    codici di vincolo rispettivamente alla rotazione orizzontale, traslazione orizzontale e traslazione verticale applicabili al piede del palo (0 = non attivo, 1 = attivo)

<b>PHEEDRA Srl</b> Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 - Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 - Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it - web: www.pheedra.it	RELAZIONE GEOTECNICA	Pagina 17 di 36
---	----------------------	-----------------

Committente: <b>ECOWIND 6 S.r.l.</b> Via Alessandro Manzoni 30 20121 Milano (MI)	PROGETTO PER LA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 122,4 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE NEI COMUNI DI SINNAI, MARACALAGONIS, QUARTUCCIU, SETTIMO SAN PIETRO E SELARGIUS (CA)	Nome del file:  <b>SIN-CIV-REL-034_00</b>
---	---	---

- Asc. X' ascissa del baricentro del singolo palo dell'elemento nel riferimento locale con origine nel baricentro del plinto
- Asc. Y' ordinata del baricentro del singolo palo dell'elemento nel riferimento locale con origine nel baricentro del plinto
- Peso spec. peso specifico del palo
- Mod. El. Pa. modulo elastico normale del palo

#### **Dati di carico degli elementi costituenti le fondazioni profonde**

- Cmb numero della combinazione di carico
- Tipologia tipologia della combinazione di carico
- Sismica flag per l'applicazione della riduzione sismica alle caratteristiche meccaniche del terreno di fondazione per la combinazione di carico in esame
- S. Normale sollecitazione normale agente alla quota del piano di fondazione dell'elemento (riferimento locale con origine nel baricentro del plinto)
- S. Tagliante X' sollecitazione tagliante lungo l'asse X' agente alla quota del piano di fondazione dell'elemento (riferimento locale con origine nel baricentro del plinto)
- S. Tagliante Y' sollecitazione tagliante lungo l'asse Y' agente alla quota del piano di fondazione dell'elemento (riferimento locale con origine nel baricentro del plinto)
- S. Flessionale X' sollecitazione flessionale lungo l'asse X' agente alla quota del piano di fondazione dell'elemento (riferimento locale con origine nel baricentro del plinto)
- S. Flessionale Y' sollecitazione flessionale lungo l'asse Y' agente alla quota del piano di fondazione dell'elemento (riferimento locale con origine nel baricentro del plinto)
- S. Torsionale sollecitazione torsionale agente alla quota del piano di fondazione dell'elemento (riferimento locale con origine nel baricentro del plinto)

#### **Valori di calcolo per le fondazioni profonde**

- Port. punta carico limite verticale alla punta del palo (valore su singolo palo corretto dal relativo coefficiente d'efficienza)
- Port. lat. carico limite verticale lungo la superficie laterale del fusto del palo (valore su singolo palo corretto dal relativo coefficiente d'efficienza)
- Port. bulbo carico limite verticale lungo la superficie laterale del bulbo del palo (valore su singolo palo corretto dal relativo coefficiente d'efficienza)
- C. Critico carico critico per l'instabilità del palo (valore su singolo palo corretto dal relativo coefficiente d'efficienza)
- Attr. Neg. attrito negativo agente sul palo (valore su singolo palo)
- Peso Palo peso totale del singolo palo
- Cmb numero e tipologia della combinazione di carico
- S. Norm. sollecitazione normale agente alla testa del palo in esame
- V. V. Com. resistenza a compressione del palo in esame (corretto dal relativo coefficiente di sicurezza)
- V. V. Tra. resistenza a trazione del palo in esame (corretto dal relativo coefficiente di sicurezza)
- Ver. Com. rapporto tra la sollecitazione normale agente alla testa del palo e la sua resistenza a compressione (verifica positiva se il rapporto è  $< 1.0$ )
- Ver. Tra. rapporto tra la sollecitazione normale agente alla testa del palo e la sua resistenza a trazione (verifica positiva se il rapporto è  $< 1.0$ )
- S. Tagl. sollecitazione tagliante agente alla testa del palo
- S. Fles. sollecitazione flessionale agente alla testa del palo

<b>PHEEDRA Srl</b> Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 - Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 - Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it - web: www.pheedra.it	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>	Pagina 18 di 36
---	-----------------------------	-----------------

Committente: <b>ECOWIND 6 S.r.l.</b> Via Alessandro Manzoni 30 20121 Milano (MI)	PROGETTO PER LA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 122,4 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE NEI COMUNI DI SINNAI, MARACALAGONIS, QUARTUCCIU, SETTIMO SAN PIETRO E SELARGIUS (CA)	Nome del file:  <p style="text-align: right;"><b>SIN-CIV-REL-034_00</b></p>
---	---	---

- V. V. Trs. resistenza trasversale del palo in esame (corretto dal relativo coefficiente di sicurezza)
- Ver. Tra. rapporto tra la sollecitazione tagliante agente alla testa del palo e la sua resistenza trasversale (verifica positiva se il rapporto è < 1.0)
- Ced. V. cedimento verticale in corrispondenza della testa del palo
- Ced. H. cedimento orizzontale in corrispondenza della testa del palo

## 6.2. PARAMETRI DI CALCOLO

### Modalità di calcolo della portanza verticale per fondazioni profonde:

Per elementi con pali: Portanza di punta e laterale

Per elementi con micropali: Portanza di punta e laterale

### Metodi di calcolo della portanza di punta per fondazioni profonde:

Per terreni sciolti: Vesic

Riduzione della tensione litostatica: No

Per terreni lapidei: Terzaghi

Riduzione di Kishida per pali battuti o trivellati: Si

Metodo di calcolo del coefficiente di spinta orizzontale Ks: Tomlinson

### Coefficienti parziali e totali di sicurezza per Tensioni Ammissibili e S.L.E. nel calcolo della portanza per fondazioni profonde:

Coeff. di sicurezza alla punta: 2,50

Coeff. di sicurezza lungo il fusto: 2,50

Coeff. di sicurezza lungo il bulbo: 2,50

Coeff. di sicurezza per palo in trazione: 2,50

## 6.3. COMBINAZIONI DI CARICO

### APPROCCIO PROGETTUALE TIPO 2 - Comb. (A1+M1+R3)

Coefficienti parziali e totali di sicurezza per S.L.U. nel calcolo della portanza per pali trivellati:

I coeff. A1 risultano combinati secondo lo schema presente nella relazione di calcolo della struttura.

- Coeff. M1 per Tan  $\phi$  (statico): 1
- Coeff. M1 per c' (statico): 1
- Coeff. M1 per Cu (statico): 1
- Coeff. M1 per Tan  $\phi$  (sismico): 1
- Coeff. M1 per c' (sismico): 1
- Coeff. M1 per Cu sismico): 1
- Coeff. R3 base: 1,35
- Coeff. R3 laterale in compressione: 1,15
- Coeff. R3 laterale in trazione: 1,25

<b>PHEEDRA Srl</b> Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 - Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 - Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it - web: www.pheedra.it	<p style="text-align: center;">RELAZIONE GEOTECNICA</p>	<p style="text-align: right;">Pagina 19 di 36</p>
---	---	---

Committente: <b>ECOWIND 6 S.r.l.</b> Via Alessandro Manzoni 30 20121 Milano (MI)	PROGETTO PER LA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 122,4 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE NEI COMUNI DI SINNAI, MARACALAGONIS, QUARTUCCIU, SETTIMO SAN PIETRO E SELARGIUS (CA)	Nome del file:  <b>SIN-CIV-REL-034_00</b>
---	---	---

Fattore di correlazione: 170

#### 6.4. ARCHIVIO STRATIGRAFIE

Indice / Descrizione: 001 / Nuova stratigrafia n. 1

Numero strati: 1

Profondità falda: assente

Strato n. Neg.	Quota di riferimento	Spessore	Indice / Descrizione terreno	Attrito
1	da 0,0 a -10000,0 cm	10000,0 cm	003 / Ghiaia e sabbia compatta	Assente

#### 6.5. ARCHIVIO TERRENI

Indice / Descrizione terreno: **003 / Ghiaia e sabbia compatta**

Comportamento del terreno: condizione drenata

Peso	Spec.	P. Spec.	Sat.	Angolo Res.	Coesione	Mod.Elast.	Mod.Edom.	Dens.Rel.	Poisson	C. Ades.
daN/cm <sup>2</sup>		daN/cm <sup>2</sup>		Gradi°	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	%	%	
1,900 E-3	2,100 E-3	34,000	0,000	219,047	300,000	60,0	0,306	1,00		

#### 6.6. DATI GEOMETRICI DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI LE FONDAZIONI PROFONDE

**Elemento: 69 - Palo singolo - Tipologia pali: trivellati**

X elem.	Y elem.	Prof.	Base	Lungh.	Altez.	Rot.	Grup.ap.	Ind.strat.
cm	cm	cm	cm	cm	cm	Gradi°	n.	n.
-700,0	-700,0	200,0	0,0	0,0	400,0	0,00	69	001

Dia. P.	Lun. P.	Lun. L.	Dist.P.	In. Px	In. Py	Dia. B.	Lun. B.	E.C.V.	E.C.C.	E.C.T.	Svin.testa	Vin.piede
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm				codice	codice
100,0	3000,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,00	1,00	1,00	0	0; 0; 1

Palo	Asc. X'	Ord. Y'
n.	cm	cm
1	0,0	0,0

**Elemento: 76 - Palo singolo - Tipologia pali: trivellati**

X elem.	Y elem.	Prof.	Base	Lungh.	Altez.	Rot.	Grup.ap.	Ind.strat.
cm	cm	cm	cm	cm	cm	Gradi°	n.	n.
0,0	-700,0	200,0	0,0	0,0	400,0	0,00	76	001

Dia. P.	Lun. P.	Lun. L.	Dist.P.	In. Px	In. Py	Dia. B.	Lun. B.	E.C.V.	E.C.C.	E.C.T.	Svin.testa	Vin.piede
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm				codice	codice
100,0	3000,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,00	1,00	1,00	0	0; 0; 1

Palo	Asc. X'	Ord. Y'
n.	cm	cm
1	0,0	0,0

**Elemento: 83 - Palo singolo - Tipologia pali: trivellati**

<b>PHEEDRA Srl</b> Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 - Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 - Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it - web: www.pheedra.it	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>	Pagina 20 di 36
---	-----------------------------	-----------------

Committente: <b>ECOWIND 6 S.r.l.</b> Via Alessandro Manzoni 30 20121 Milano (MI)	PROGETTO PER LA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 122,4 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE NEI COMUNI DI SINNAI, MARACALAGONIS, QUARTUCCIU, SETTIMO SAN PIETRO E SELARGIUS (CA)	Nome del file:  <b>SIN-CIV-REL-034_00</b>
---	---	---

X elem.	Y elem.	Prof.	Base	Lungh.	Altez.	Rot.	Grup.ap.	Ind.strat.
cm	cm	cm	cm	cm	cm	Gradi°	n.	n.
700,0	-700,0	200,0	0,0	0,0	400,0	0,00	83	001

Dia. P.	Lun. P.	Lun. L.	Dist.P.	In. Px	In. Py	Dia. B.	Lun. B.	E.C.V.	E.C.C.	E.C.T.	Svin.testa	Vin.piede
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm				codice	codice
100,0	3000,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,00	1,00	1,00	0	0; 0; 1

Palo	Asc. X'	Ord. Y'
n.	cm	cm
1	0,0	0,0

#### Elemento: 216 - Palo singolo - Tipologia pali: trivellati

X elem.	Y elem.	Prof.	Base	Lungh.	Altez.	Rot.	Grup.ap.	Ind.strat.
cm	cm	cm	cm	cm	cm	Gradi°	n.	n.
-700,0	0,0	200,0	0,0	0,0	400,0	0,00	216	001

Dia. P.	Lun. P.	Lun. L.	Dist.P.	In. Px	In. Py	Dia. B.	Lun. B.	E.C.V.	E.C.C.	E.C.T.	Svin.testa	Vin.piede
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm				codice	codice
100,0	3000,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,00	1,00	1,00	0	0; 0; 1

Palo	Asc. X'	Ord. Y'
n.	cm	cm
1	0,0	0,0

#### Elemento: 223 - Palo singolo - Tipologia pali: trivellati

X elem.	Y elem.	Prof.	Base	Lungh.	Altez.	Rot.	Grup.ap.	Ind.strat.
cm	cm	cm	cm	cm	cm	Gradi°	n.	n.
0,0	0,0	200,0	0,0	0,0	400,0	0,00	223	001

Dia. P.	Lun. P.	Lun. L.	Dist.P.	In. Px	In. Py	Dia. B.	Lun. B.	E.C.V.	E.C.C.	E.C.T.	Svin.testa	Vin.piede
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm				codice	codice
100,0	3000,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,00	1,00	1,00	0	0; 0; 1

Palo	Asc. X'	Ord. Y'
n.	cm	cm
1	0,0	0,0

#### Elemento: 230 - Palo singolo - Tipologia pali: trivellati

X elem.	Y elem.	Prof.	Base	Lungh.	Altez.	Rot.	Grup.ap.	Ind.strat.
cm	cm	cm	cm	cm	cm	Gradi°	n.	n.
700,0	0,0	200,0	0,0	0,0	400,0	0,00	230	001

Dia. P.	Lun. P.	Lun. L.	Dist.P.	In. Px	In. Py	Dia. B.	Lun. B.	E.C.V.	E.C.C.	E.C.T.	Svin.testa	Vin.piede
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm				codice	codice
100,0	3000,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,00	1,00	1,00	0	0; 0; 1

Palo	Asc. X'	Ord. Y'
n.	cm	cm
1	0,0	0,0

#### Elemento: 363 - Palo singolo - Tipologia pali: trivellati

<b>PHEEDRA Srl</b> Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 - Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 - Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it - web: www.pheedra.it	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>	Pagina 21 di 36
---	-----------------------------	-----------------

Committente: <b>ECOWIND 6 S.r.l.</b> Via Alessandro Manzoni 30 20121 Milano (MI)	PROGETTO PER LA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 122,4 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE NEI COMUNI DI SINNAI, MARACALAGONIS, QUARTUCCIU, SETTIMO SAN PIETRO E SELARGIUS (CA)	Nome del file:  <b>SIN-CIV-REL-034_00</b>
---	---	---

X elem.	Y elem.	Prof.	Base	Lungh.	Altez.	Rot.	Grup.ap.	Ind.strat.
cm	cm	cm	cm	cm	cm	Gradi°	n.	n.
-700,0	700,0	200,0	0,0	0,0	400,0	0,00	363	001

Dia. P.	Lun. P.	Lun. L.	Dist.P.	In. Px	In. Py	Dia. B.	Lun. B.	E.C.V.	E.C.C.	E.C.T.	Svin.testa	Vin.piede
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm				codice	codice
100,0	3000,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,00	1,00	1,00	0	0; 0; 1

Palo	Asc. X'	Ord. Y'
n.	cm	cm
1	0,0	0,0

**Elemento: 370 - Palo singolo - Tipologia pali: trivellati**

X elem.	Y elem.	Prof.	Base	Lungh.	Altez.	Rot.	Grup.ap.	Ind.strat.
cm	cm	cm	cm	cm	cm	Gradi°	n.	n.
0,0	700,0	200,0	0,0	0,0	400,0	0,00	370	001

Dia. P.	Lun. P.	Lun. L.	Dist.P.	In. Px	In. Py	Dia. B.	Lun. B.	E.C.V.	E.C.C.	E.C.T.	Svin.testa	Vin.piede
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm				codice	codice
100,0	3000,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,00	1,00	1,00	0	0; 0; 1

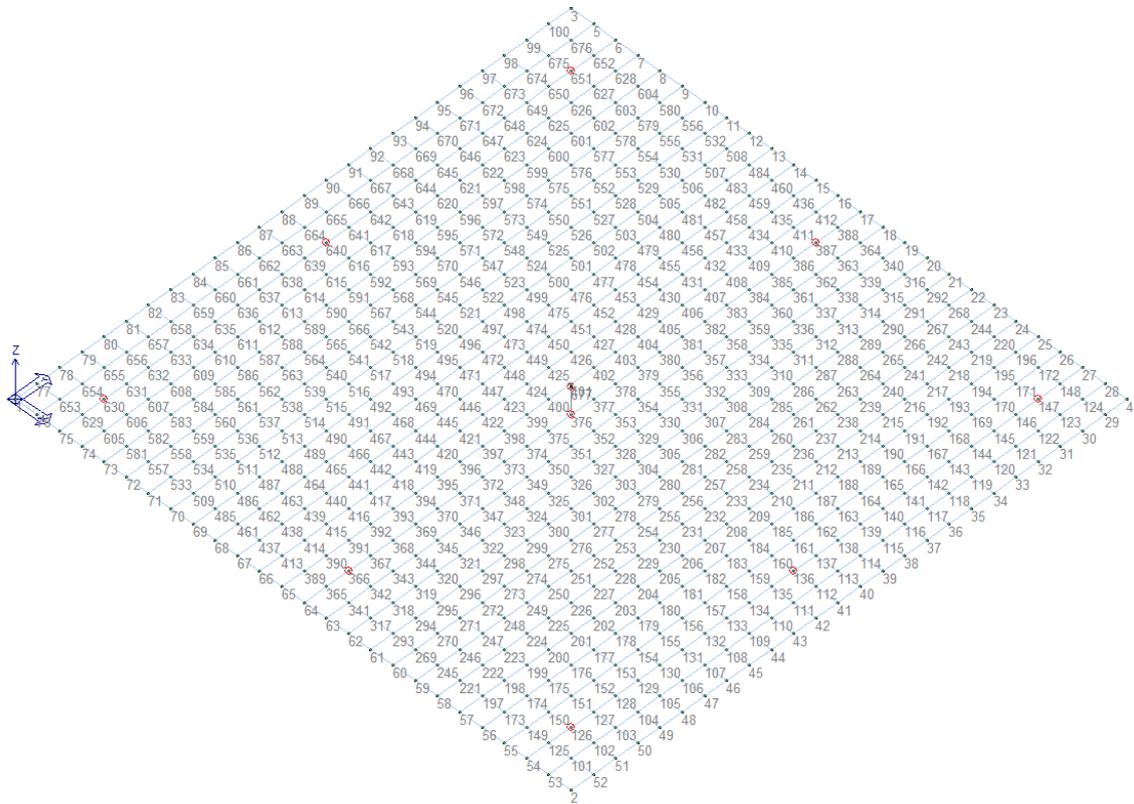
Palo	Asc. X'	Ord. Y'
n.	cm	cm
1	0,0	0,0

**Elemento: 377 - Palo singolo - Tipologia pali: trivellati**

X elem.	Y elem.	Prof.	Base	Lungh.	Altez.	Rot.	Grup.ap.	Ind.strat.
cm	cm	cm	cm	cm	cm	Gradi°	n.	n.
700,0	700,0	200,0	0,0	0,0	400,0	0,00	377	001

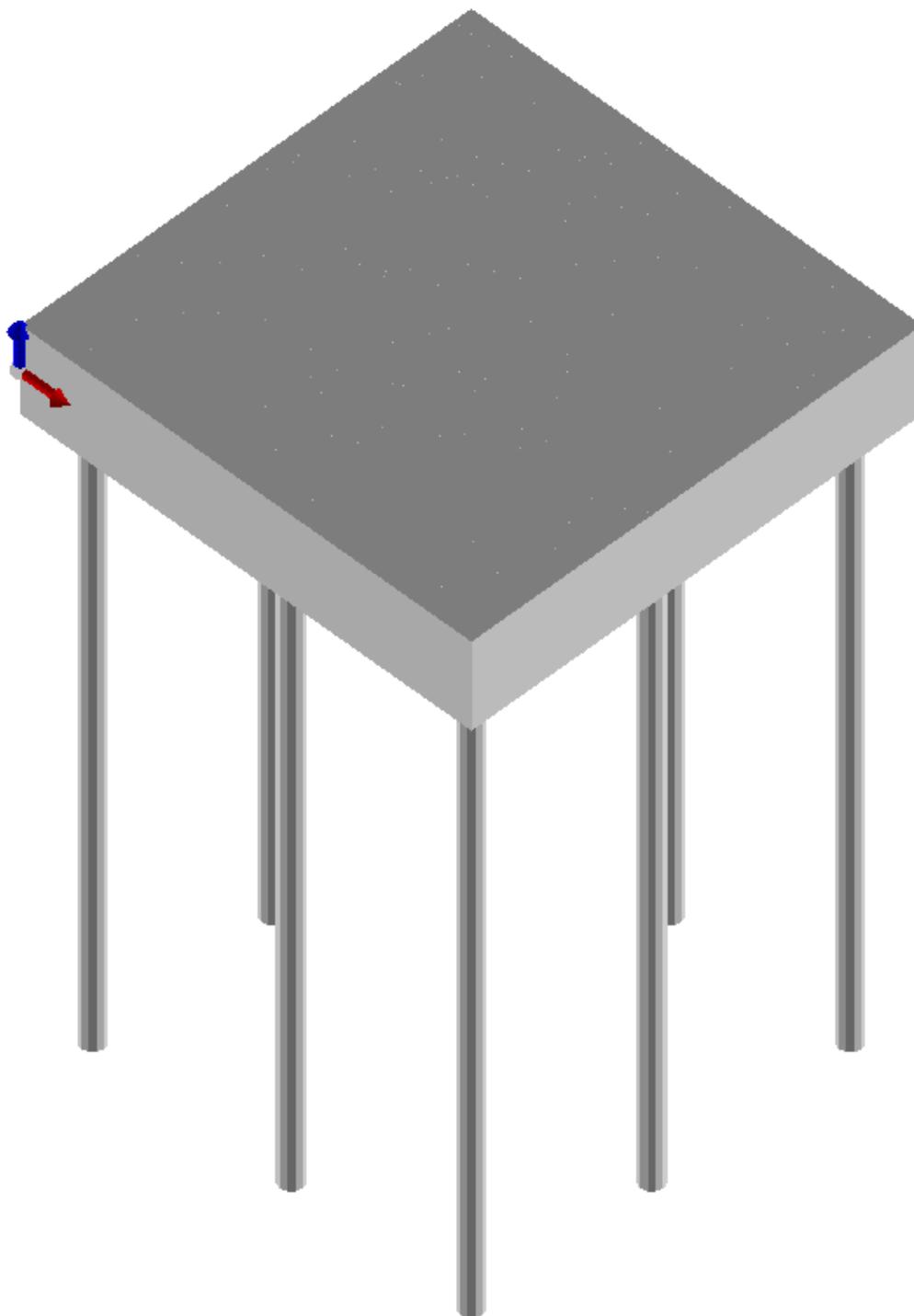
Dia. P.	Lun. P.	Lun. L.	Dist.P.	In. Px	In. Py	Dia. B.	Lun. B.	E.C.V.	E.C.C.	E.C.T.	Svin.testa	Vin.piede
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm				codice	codice
100,0	3000,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,00	1,00	1,00	0	0; 0; 1

Palo	Asc. X'	Ord. Y'
n.	cm	cm
1	0,0	0,0



**Figura 1 – Modello nodale platea di fondazione**

Committente: <b>ECOWIND 6 S.r.l.</b> Via Alessandro Manzoni 30 20121 Milano (MI)	PROGETTO PER LA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 122,4 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE NEI COMUNI DI SINNAI, MARACALAGONIS, QUARTUCCIU, SETTIMO SAN PIETRO E SELARGIUS (CA)	Nome del file:  <b>SIN-CIV-REL-034_00</b>
---	---	---



*Figura 2 – Modello solido platea con pali di fondazione*

Committente: <b>ECOWIND 6 S.r.l.</b> Via Alessandro Manzoni 30 20121 Milano (MI)	PROGETTO PER LA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 122,4 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE NEI COMUNI DI SINNAI, MARACALAGONIS, QUARTUCCIU, SETTIMO SAN PIETRO E SELARGIUS (CA)	Nome del file:  <b>SIN-CIV-REL-034_00</b>
---	---	---

### Macro platea: 1

Risultati più gravosi per cmb. di tipo **SLU STR**:

Sgm. Lt (tens. litostatica) = -0.3800 daN/cm<sup>2</sup>

Qlim = Qlim c + Qlim q + Qlim g + Qres P = 0.0000 + 6.0936 + 8.6008 + 0.0000

Qmax / Qlim = 0.1525 / 14.6943 = 0,010 Ok (Cmb. n. 001)

TB / TBlim = 0.0 / 244751.8 = 0,000 Ok (Cmb. n. 003)

TL / TLLim = 35127.6 / 244751.8 = 0,144 Ok (Cmb. n. 003)

Sollecitazioni:

Cmb n.	Tipo	Sism.	Ecc. B cm	Ecc. L cm	S. Taglio B daN	S. Taglio L daN	S. Normale daN	T.T. min daN/cm <sup>2</sup>	T.T. max daN/cm <sup>2</sup>
001	SLU STR	No	0.000	2.019	0.0	35127.6	-603380.5	-0.1479	-0.1525
003	SLU STR	No	0.000	2.625	0.0	35127.6	-464139.1	-0.1136	-0.1174

Risultati più gravosi per cmb. di tipo **SLV A1 sism.**:

Sgm. Lt (tens. litostatica) = -0.3800 daN/cm<sup>2</sup>

Qlim = Qlim c + Qlim q + Qlim g + Qres P = 0.0000 + 6.6610 + 9.9747 + 0.0000

Qmax / Qlim = 0.1172 / 16.6357 = 0,007 Ok (Cmb. n. 013)

TB / TBlim = 289.7 / 231216.8 = 0,001 Ok (Cmb. n. 014)

TL / TLLim = 0.0 / 231216.7 = 0,000 Ok (Cmb. n. 013)

Sollecitazioni:

Cmb n.	Tipo	Sism.	Ecc. B cm	Ecc. L cm	S. Taglio B daN	S. Taglio L daN	S. Normale daN	T.T. min daN/cm <sup>2</sup>	T.T. max daN/cm <sup>2</sup>
013	SLV A1	Si	0.157	0.000	289.7	0.0	-464139.1	-0.1142	-0.1172
014	SLV A1	Si	-0.157	0.000	-289.7	0.0	-464139.2	-0.1142	-0.1172

Risultati più gravosi per cmb. di tipo **SLD sism.**:

Sgm. Lt (tens. litostatica) = -0.3800 daN/cm<sup>2</sup>

Qlim = Qlim c + Qlim q + Qlim g + Qres P = 0.0000 + 6.6645 + 9.9845 + 0.0000

Qmax / Qlim = 0.1172 / 16.6490 = 0,007 Ok (Cmb. n. 015)

TB / TBlim = 126.8 / 231216.7 = 0,001 Ok (Cmb. n. 016)

TL / TLLim = 0.0 / 231216.7 = 0,000 Ok (Cmb. n. 015)

Sollecitazioni:

Cmb n.	Tipo	Sism.	Ecc. B cm	Ecc. L cm	S. Taglio B daN	S. Taglio L daN	S. Normale daN	T.T. min daN/cm <sup>2</sup>	T.T. max daN/cm <sup>2</sup>
015	SLD	Si	0.069	0.000	126.8	0.0	-464139.0	-0.1143	-0.1172
016	SLD	Si	-0.069	0.000	-126.8	0.0	-464138.9	-0.1143	-0.1172

## 6.7. VALORI DI CALCOLO DELLA PORTANZA PER FONDAZIONI PROFONDE

### Elemento: 69 - Palo singolo

Nq = 24.371, σ<sub>punta</sub> = 6.080, φ = 31.0, Nc = 38.896, c punta = 0.000

Port. lat. = 905127.4 daN, Port. punta = 1163775.0 daN, P.P.Palo = 58904.9 daN

Cmb. n.	Tipo	Palo n.	coord.X cm	coord.Y cm	N daN	N lim daN	Ver.N	Stato
005	SLU STR	1	0.000	0.000	-551900.0	-911167.3	0,606	Ok

Sollecitazioni:

Cmb n.	Tipo	Sism.	N daN	Tx daN	Ty daN	Mx daN cm	My daN cm
005	SLU STR	No	-551900.0	-152.4	6483.8	1124000.0	55960.0

### Elemento: 76 - Palo singolo

Nq = 24.371, σ<sub>punta</sub> = 6.080, φ = 31.0, Nc = 38.896, c punta = 0.000

Port. lat. = 905127.4 daN, Port. punta = 1163775.0 daN, P.P.Palo = 58904.9 daN

Cmb. n.	Tipo	Palo n.	coord.X cm	coord.Y cm	N daN	N lim daN	Ver.N	Stato
005	SLU STR	1	0.000	0.000	-555100.0	-911167.3	0,609	Ok

Sollecitazioni:

Cmb n.	Tipo	Sism.	N daN	Tx daN	Ty daN	Mx daN cm	My daN cm

<b>PHEEDRA Srl</b> Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 - Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 - Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it - web: www.pheedra.it	RELAZIONE GEOTECNICA	Pagina 25 di 36
---	----------------------	-----------------

Committente: <b>ECOWIND 6 S.r.l.</b> Via Alessandro Manzoni 30 20121 Milano (MI)	PROGETTO PER LA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 122,4 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE NEI COMUNI DI SINNAI, MARACALAGONIS, QUARTUCCIU, SETTIMO SAN PIETRO E SELARGIUS (CA)	Nome del file:  <b>SIN-CIV-REL-034_00</b>
---	---	---

005 SLU STR No -555100.0 0.0 6459.2 1113000.0 0.0

**Elemento: 83 - Palo singolo**

$N_q = 24.371$ ,  $\sigma_{punta} = 6.080$ ,  $\phi = 31.0$ ,  $N_c = 38.896$ ,  $c_{punta} = 0.000$   
Port. lat. = 905127.4 daN, Port. punta = 1163775.0 daN, P.P.Palo = 58904.9 daN

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	N	N lim	Ver.N	Stato
n.		n.	cm	cm	daN	daN		
005	SLU STR	1	0.000	0.000	-551900.0	-911167.3	0,606	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
005	SLU STR	No	-551900.0	152.4	6483.8	1124000.0	-55960.0

**Elemento: 216 - Palo singolo**

$N_q = 24.371$ ,  $\sigma_{punta} = 6.080$ ,  $\phi = 31.0$ ,  $N_c = 38.896$ ,  $c_{punta} = 0.000$   
Port. lat. = 905127.4 daN, Port. punta = 1163775.0 daN, P.P.Palo = 58904.9 daN

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	N	N lim	Ver.N	Stato
n.		n.	cm	cm	daN	daN		
001	SLU STR	1	0.000	0.000	-556500.0	-911167.3	0,611	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
001	SLU STR	No	-556500.0	-196.8	11080.0	1971000.0	70730.0

**Elemento: 223 - Palo singolo**

$N_q = 24.371$ ,  $\sigma_{punta} = 6.080$ ,  $\phi = 31.0$ ,  $N_c = 38.896$ ,  $c_{punta} = 0.000$   
Port. lat. = 905127.4 daN, Port. punta = 1163775.0 daN, P.P.Palo = 58904.9 daN

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	N	N lim	Ver.N	Stato
n.		n.	cm	cm	daN	daN		
001	SLU STR	1	0.000	0.000	-566300.0	-911167.3	0,622	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
001	SLU STR	No	-566300.0	0.0	11250.0	2016000.0	0.0

**Elemento: 230 - Palo singolo**

$N_q = 24.371$ ,  $\sigma_{punta} = 6.080$ ,  $\phi = 31.0$ ,  $N_c = 38.896$ ,  $c_{punta} = 0.000$   
Port. lat. = 905127.4 daN, Port. punta = 1163775.0 daN, P.P.Palo = 58904.9 daN

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	N	N lim	Ver.N	Stato
n.		n.	cm	cm	daN	daN		
001	SLU STR	1	0.000	0.000	-556500.0	-911167.3	0,611	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
001	SLU STR	No	-556500.0	196.8	11080.0	1971000.0	-70730.0

**Elemento: 363 - Palo singolo**

$N_q = 24.371$ ,  $\sigma_{punta} = 6.080$ ,  $\phi = 31.0$ ,  $N_c = 38.896$ ,  $c_{punta} = 0.000$   
Port. lat. = 905127.4 daN, Port. punta = 1163775.0 daN, P.P.Palo = 58904.9 daN

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	N	N lim	Ver.N	Stato
n.		n.	cm	cm	daN	daN		
001	SLU STR	1	0.000	0.000	-555700.0	-911167.3	0,610	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
001	SLU STR	No	-555700.0	-166.8	11230.0	2024000.0	57980.0

**Elemento: 370 - Palo singolo**

$N_q = 24.371$ ,  $\sigma_{punta} = 6.080$ ,  $\phi = 31.0$ ,  $N_c = 38.896$ ,  $c_{punta} = 0.000$   
Port. lat. = 905127.4 daN, Port. punta = 1163775.0 daN, P.P.Palo = 58904.9 daN

<b>PHEEDRA Srl</b> Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 - Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 - Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it - web: www.pheedra.it	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>	Pagina 26 di 36
---	-----------------------------	-----------------

Committente: <b>ECOWIND 6 S.r.l.</b> Via Alessandro Manzoni 30 20121 Milano (MI)	PROGETTO PER LA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 122,4 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE NEI COMUNI DI SINNAI, MARACALAGONIS, QUARTUCCIU, SETTIMO SAN PIETRO E SELARGIUS (CA)	Nome del file:  <b>SIN-CIV-REL-034_00</b>
---	---	---

Cmb. n.	Tipo	Palo n.	coord.X cm	coord.Y cm	N daN	N lim daN	Ver.N	Stato
001	SLU STR	1	0.000	0.000	-558800.0	-911167.3	0,613	Ok

Sollecitazioni:

Cmb. n.	Tipo	Sism.	N daN	Tx daN	Ty daN	Mx daN cm	My daN cm
001	SLU STR	No	-558800.0	0.0	11290.0	2043000.0	0.0

**Elemento: 377 - Palo singolo**

$N_q = 24.371$ ,  $\sigma_{punta} = 6.080$ ,  $\phi = 31.0$ ,  $N_c = 38.896$ ,  $c_{punta} = 0.000$

Port. lat. = 905127.4 daN, Port. punta = 1163775.0 daN, P.P.Palo = 58904.9 daN

Cmb. n.	Tipo	Palo n.	coord.X cm	coord.Y cm	N daN	N lim daN	Ver.N	Stato
001	SLU STR	1	0.000	0.000	-555700.0	-911167.3	0,610	Ok

Sollecitazioni:

Cmb. n.	Tipo	Sism.	N daN	Tx daN	Ty daN	Mx daN cm	My daN cm
001	SLU STR	No	-555700.0	166.8	11230.0	2024000.0	-57980.0

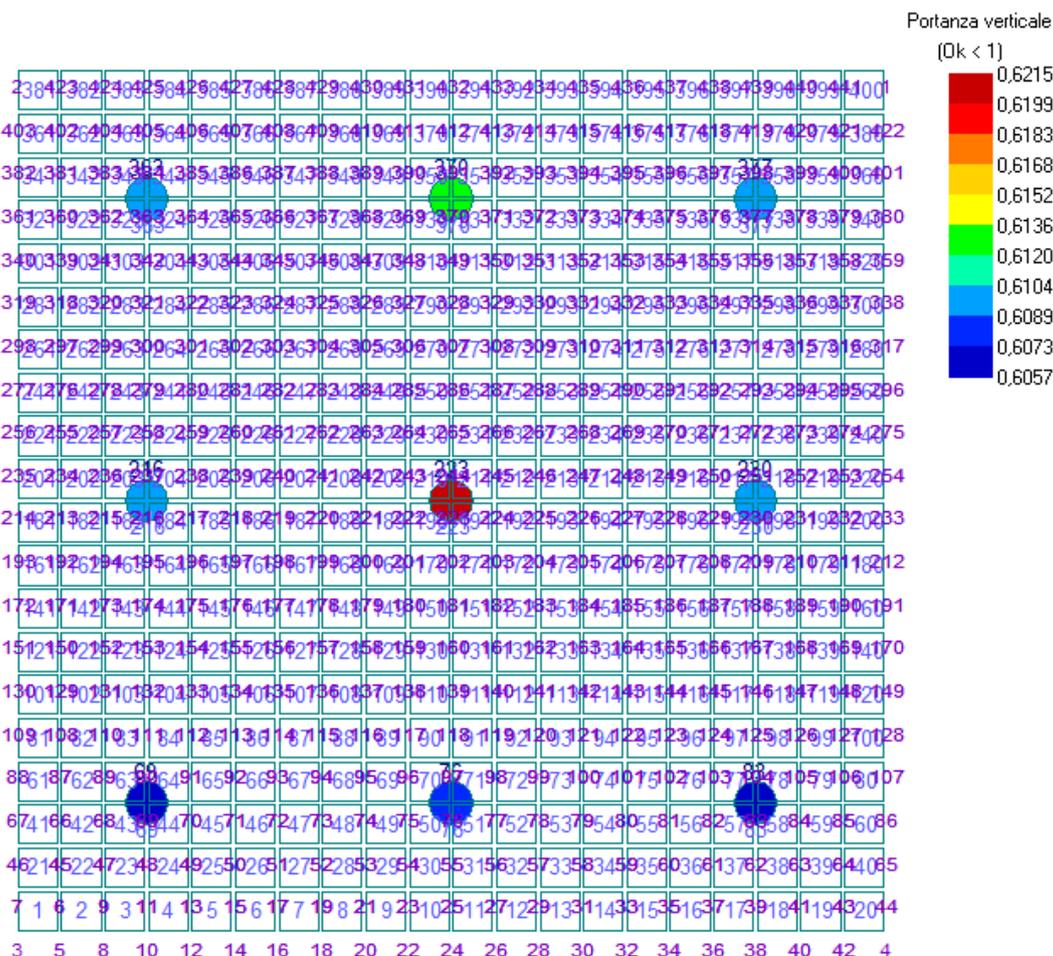


Figura 3 – Portanza massima verticale

Committente: <b>ECOWIND 6 S.r.l.</b> Via Alessandro Manzoni 30 20121 Milano (MI)	PROGETTO PER LA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 122,4 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE NEI COMUNI DI SINNAI, MARACALAGONIS, QUARTUCCIU, SETTIMO SAN PIETRO E SELARGIUS (CA)	Nome del file:  <b>SIN-CIV-REL-034_00</b>
---	---	---

## 6.8. VALORI DI CALCOLO DEI CEDIMENTI PER FONDAZIONI PROFONDE

### Elemento: 69 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	cm	cm	daN	cm
009 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-424100.0	0.000

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
009	SLE rare	No	-424100.0	-115.4	7258.2	1268000.0	42790.0

### Elemento: 76 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	cm	cm	daN	cm
009 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-426500.0	0.000

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
009	SLE rare	No	-426500.0	0.0	7244.1	1260000.0	0.0

### Elemento: 83 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	cm	cm	daN	cm
009 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-424100.0	0.000

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
009	SLE rare	No	-424100.0	115.4	7258.2	1268000.0	-42790.0

### Elemento: 216 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	cm	cm	daN	cm
009 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-428100.0	0.000

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
009	SLE rare	No	-428100.0	-151.4	7385.9	1314000.0	54400.0

### Elemento: 223 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	cm	cm	daN	cm
009 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-435600.0	0.000

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
009	SLE rare	No	-435600.0	0.0	7500.6	1344000.0	0.0

### Elemento: 230 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	cm	cm	daN	cm
009 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-428100.0	0.000

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
009	SLE rare	No	-428100.0	151.4	7385.9	1314000.0	-54400.0

### Elemento: 363 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	cm	cm	daN	cm
009 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-427200.0	0.000

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
009	SLE rare	No	-427200.0	-127.4	7501.0	1355000.0	44470.0

<b>PHEEDRA Srl</b> Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 - Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 - Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it - web: www.pheedra.it	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>	Pagina 28 di 36
---	-----------------------------	-----------------

Committente: <b>ECOWIND 6 S.r.l.</b> Via Alessandro Manzoni 30 20121 Milano (MI)	PROGETTO PER LA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 122,4 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE NEI COMUNI DI SINNAI, MARACALAGONIS, QUARTUCCIU, SETTIMO SAN PIETRO E SELARGIUS (CA)	Nome del file:  <b>SIN-CIV-REL-034_00</b>
---	---	---

**Elemento: 370 - Palo singolo**

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	cm	cm	daN	cm
009 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-429600.0	0.000

Sollecitazioni:

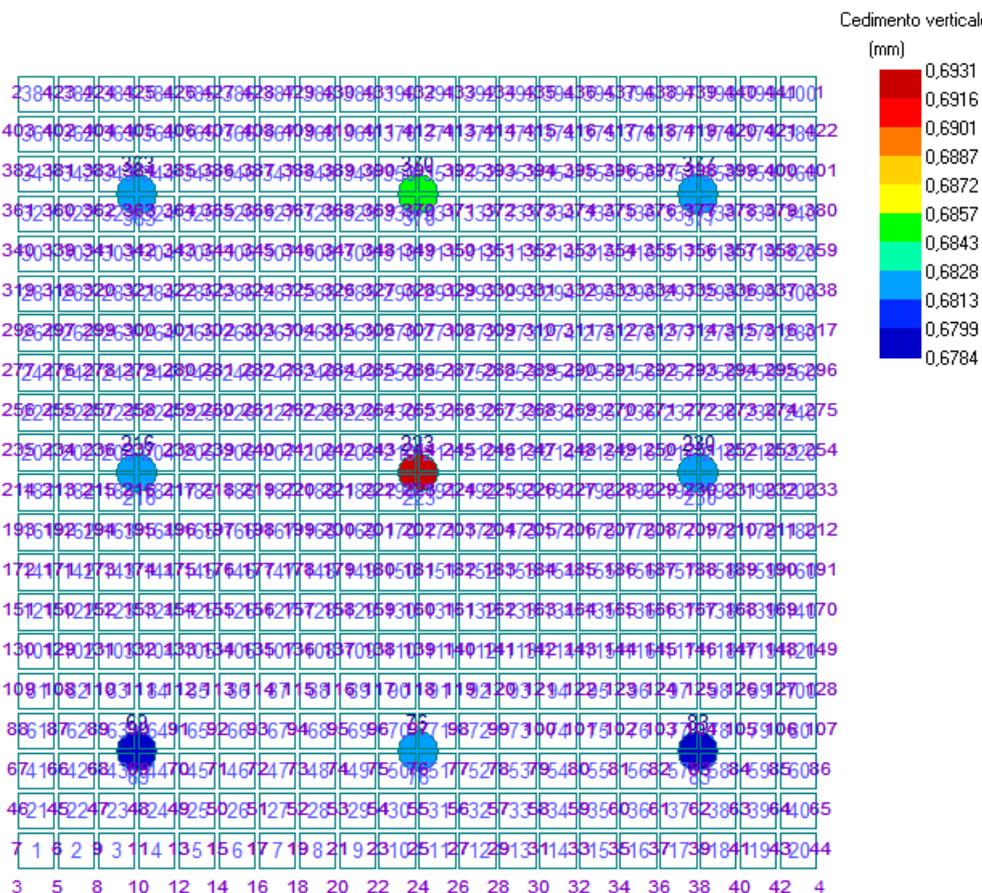
Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
009	SLE rare	No	-429600.0	0.0	7546.9	1369000.0	0.0

**Elemento: 377 - Palo singolo**

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	cm	cm	daN	cm
009 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-427200.0	0.000

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
009	SLE rare	No	-427200.0	127.4	7501.0	1355000.0	-44470.0



**Figura 4 – Cedimenti massimi**

Committente: <b>ECOWIND 6 S.r.l.</b> Via Alessandro Manzoni 30 20121 Milano (MI)	PROGETTO PER LA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 122,4 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE NEI COMUNI DI SINNAI, MARACALAGONIS, QUARTUCCIU, SETTIMO SAN PIETRO E SELARGIUS (CA)	Nome del file:  <b>SIN-CIV-REL-034_00</b>
---	---	---

### 6.9. VALORI DI CALCOLO DELLA PORTANZA ORIZZONTALE PER FONDAZIONI PROFONDE

#### Elemento: 69 - Palo singolo

Cmb.	Tipo Stato	Palo	coord.X	coord.Y	Ved	Mecc.	Mu	V lim	Ver.V
n.		n.	cm	cm	daN	-	daN cm	daN	
003	SLU STR	1	0.000	0.000	10950.6	P. Lungo	14506740.0	27520.9	0,398

Ver. OK

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
003	SLU STR	No	-423300.0	-112.4	10950.0	1924000.0	42370.0

#### Elemento: 76 - Palo singolo

Cmb.	Tipo Stato	Palo	coord.X	coord.Y	Ved	Mecc.	Mu	V lim	Ver.V
n.		n.	cm	cm	daN	-	daN cm	daN	
003	SLU STR	1	0.000	0.000	10940.0	P. Lungo	14544380.0	27618.8	0,396

Ver. OK

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
003	SLU STR	No	-425800.0	0.0	10940.0	1918000.0	0.0

#### Elemento: 83 - Palo singolo

Cmb.	Tipo Stato	Palo	coord.X	coord.Y	Ved	Mecc.	Mu	V lim	Ver.V
n.		n.	cm	cm	daN	-	daN cm	daN	
003	SLU STR	1	0.000	0.000	10950.6	P. Lungo	14506740.0	27520.9	0,398

Ver. OK

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
003	SLU STR	No	-423300.0	112.4	10950.0	1924000.0	-42370.0

#### Elemento: 216 - Palo singolo

Cmb.	Tipo Stato	Palo	coord.X	coord.Y	Ved	Mecc.	Mu	V lim	Ver.V
n.		n.	cm	cm	daN	-	daN cm	daN	
003	SLU STR	1	0.000	0.000	11081.0	P. Lungo	14578740.0	27426.1	0,404

Ver. OK

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
003	SLU STR	No	-428100.0	-151.4	11080.0	1971000.0	54400.0

#### Elemento: 223 - Palo singolo

Cmb.	Tipo Stato	Palo	coord.X	coord.Y	Ved	Mecc.	Mu	V lim	Ver.V
n.		n.	cm	cm	daN	-	daN cm	daN	
003	SLU STR	1	0.000	0.000	11250.0	P. Lungo	14688390.0	27476.9	0,409

Ver. OK

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
003	SLU STR	No	-435600.0	0.0	11250.0	2016000.0	0.0

#### Elemento: 230 - Palo singolo

Cmb.	Tipo Stato	Palo	coord.X	coord.Y	Ved	Mecc.	Mu	V lim	Ver.V
n.		n.	cm	cm	daN	-	daN cm	daN	
003	SLU STR	1	0.000	0.000	11081.0	P. Lungo	14578740.0	27426.1	0,404

Ver. OK

Sollecitazioni:

<b>PHEEDRA Srl</b> Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 - Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 - Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it - web: www.pheedra.it	RELAZIONE GEOTECNICA	Pagina 30 di 36
---	----------------------	-----------------

Committente: <b>ECOWIND 6 S.r.l.</b> Via Alessandro Manzoni 30 20121 Milano (MI)	PROGETTO PER LA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 122,4 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE NEI COMUNI DI SINNAI, MARACALAGONIS, QUARTUCCIU, SETTIMO SAN PIETRO E SELARGIUS (CA)	Nome del file:  <b>SIN-CIV-REL-034_00</b>
---	---	---

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
003	SLU STR	No	-428100.0	151.4	11080.0	1971000.0	-54400.0

**Elemento: 363 - Palo singolo**

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	Ved	Mecc.	Mu	V lim	Ver.V
n.	Stato	n.	cm	cm	daN	-	daN cm	daN	
003	SLU STR	1	0.000	0.000	11190.8	P. Lungo	14577250.0	27256.3	0,411
	Ver. OK								

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
003	SLU STR	No	-428000.0	-130.4	11190.0	2011000.0	44890.0

**Elemento: 370 - Palo singolo**

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	Ved	Mecc.	Mu	V lim	Ver.V
n.	Stato	n.	cm	cm	daN	-	daN cm	daN	
003	SLU STR	1	0.000	0.000	11240.0	P. Lungo	14612840.0	27264.4	0,412
	Ver. OK								

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
003	SLU STR	No	-430400.0	0.0	11240.0	2026000.0	0.0

**Elemento: 377 - Palo singolo**

Cmb.	Tipo	Palo	coord.X	coord.Y	Ved	Mecc.	Mu	V lim	Ver.V
n.	Stato	n.	cm	cm	daN	-	daN cm	daN	
003	SLU STR	1	0.000	0.000	11190.8	P. Lungo	14577250.0	27256.3	0,411
	Ver. OK								

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
003	SLU STR	No	-428000.0	130.4	11190.0	2011000.0	-44890.0

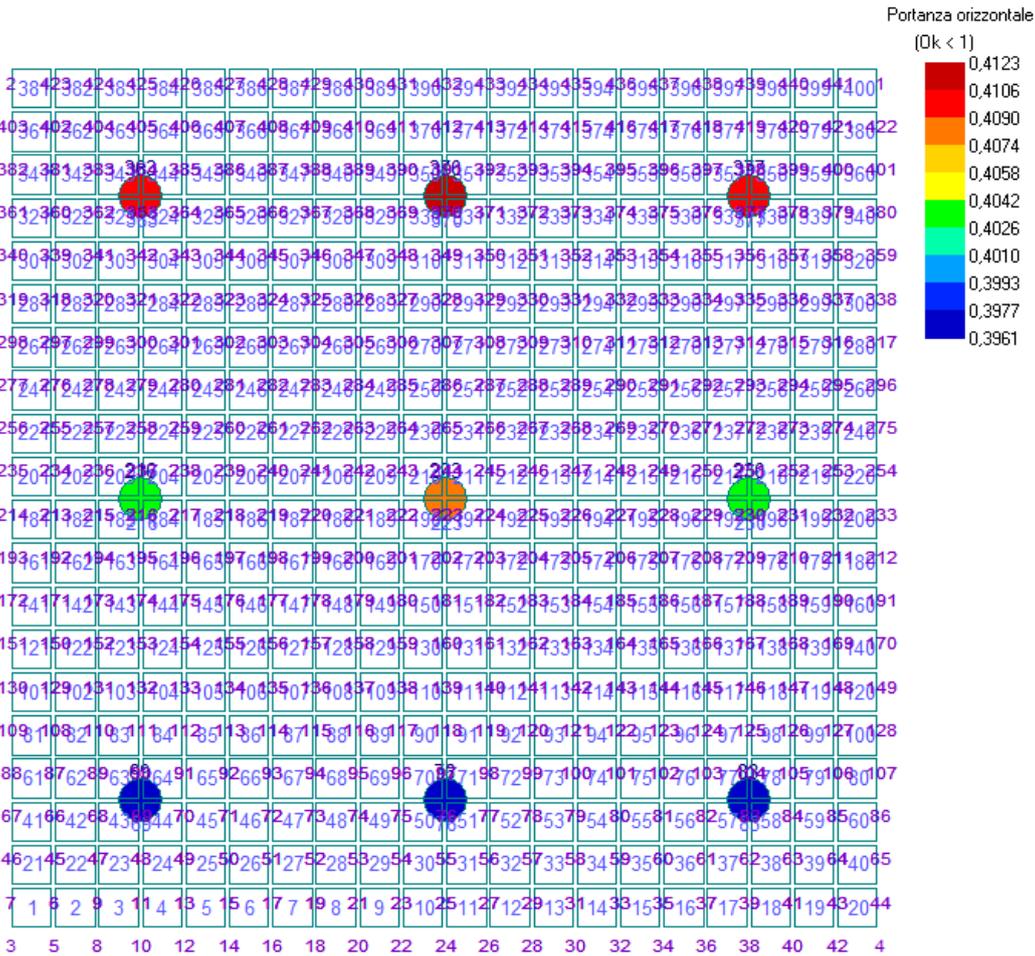
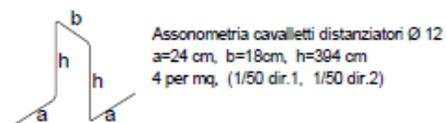


Figura 5 – Portanza massima orizzontale

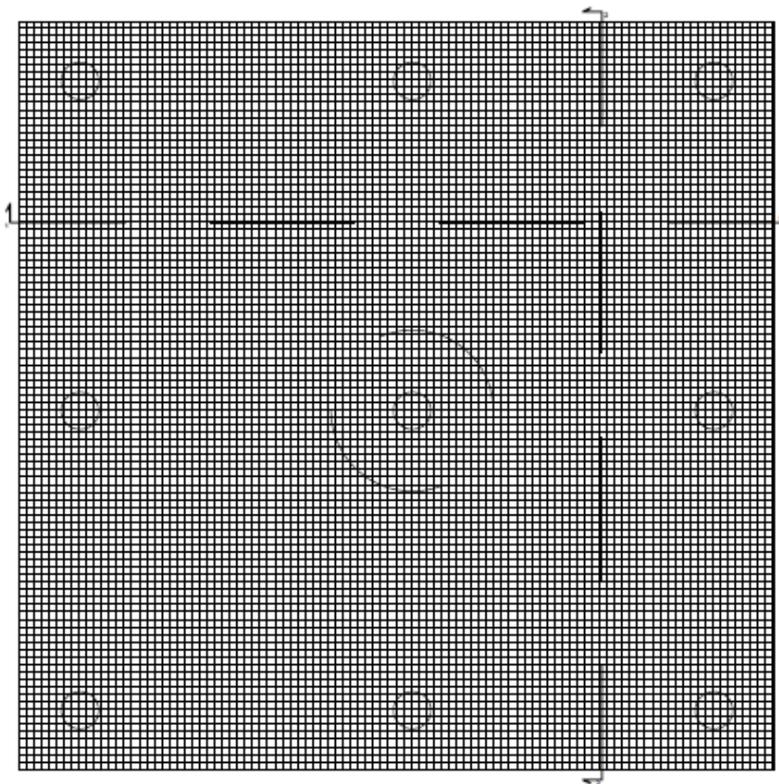
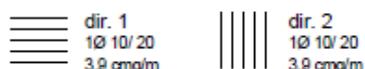
Committente: <b>ECOWIND 6 S.r.l.</b> Via Alessandro Manzoni 30 20121 Milano (MI)	PROGETTO PER LA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 122,4 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE NEI COMUNI DI SINNAI, MARACALAGONIS, QUARTUCCIU, SETTIMO SAN PIETRO E SELARGIUS (CA)	Nome del file:  <b>SIN-CIV-REL-034_00</b>
---	---	---

Particolare costruttivo della platea di fondazione:

**Armatura diffusa lato superiore**



**Armatura diffusa lato inferiore**



**Armatura a taglio**

Armatura per punzonamento (misure in mm):

$N \times \varnothing D - L / n$  ( $d1+d2$ )

N - numero complessivo di listelli

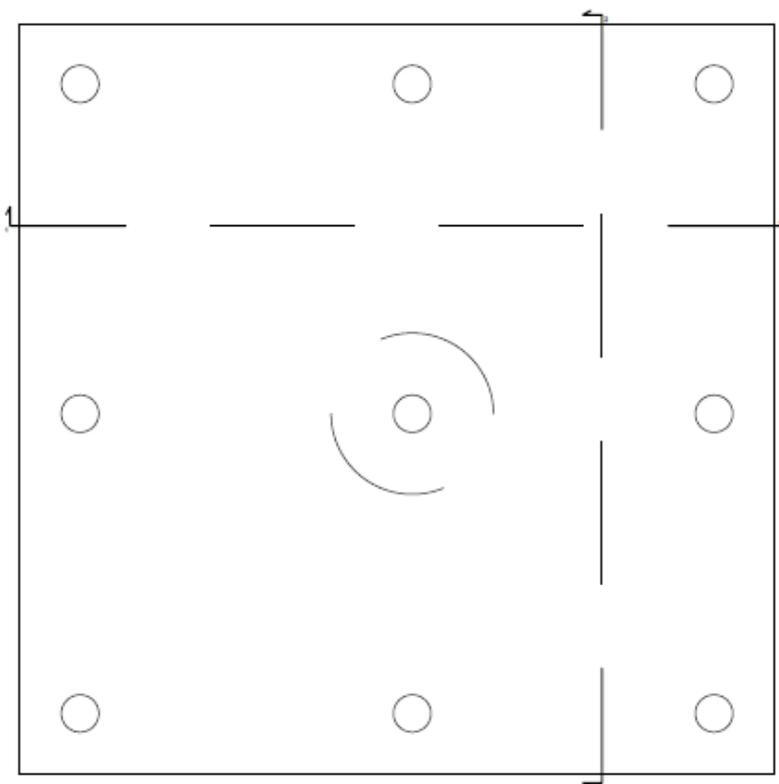
D - diametro dei pioli con testa a martello

L - lunghezza dei pioli

n - numero dei pioli per listello

d1 - distanza del primo piolo dal bordo pilastro

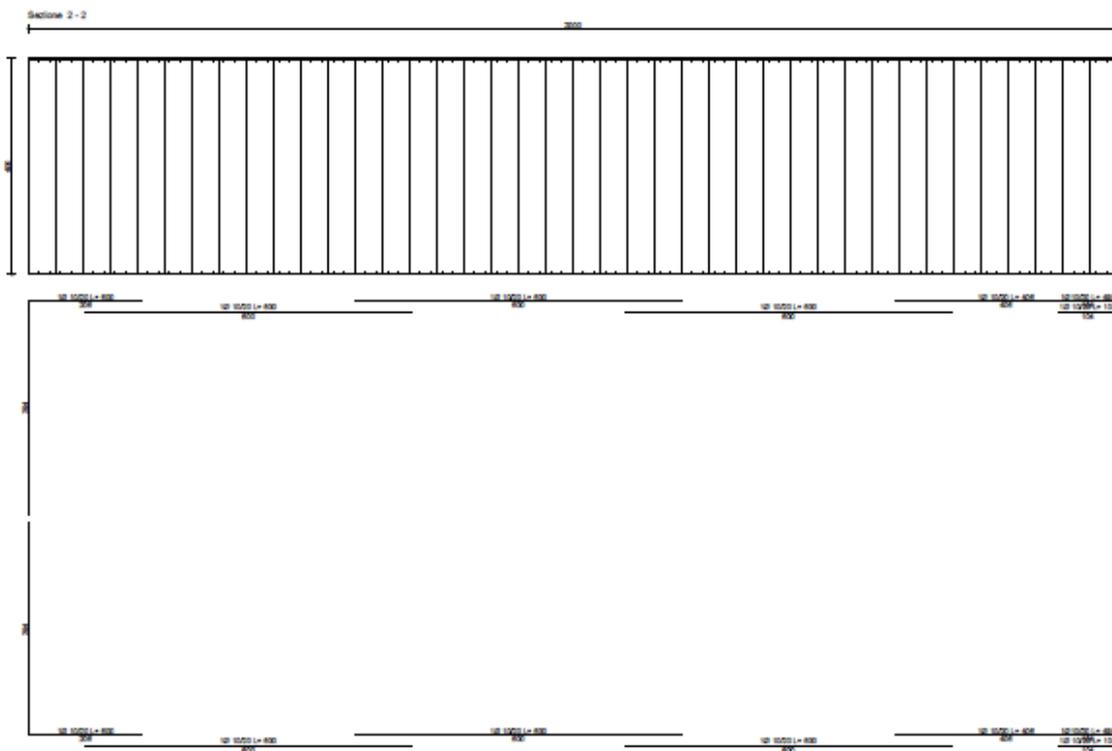
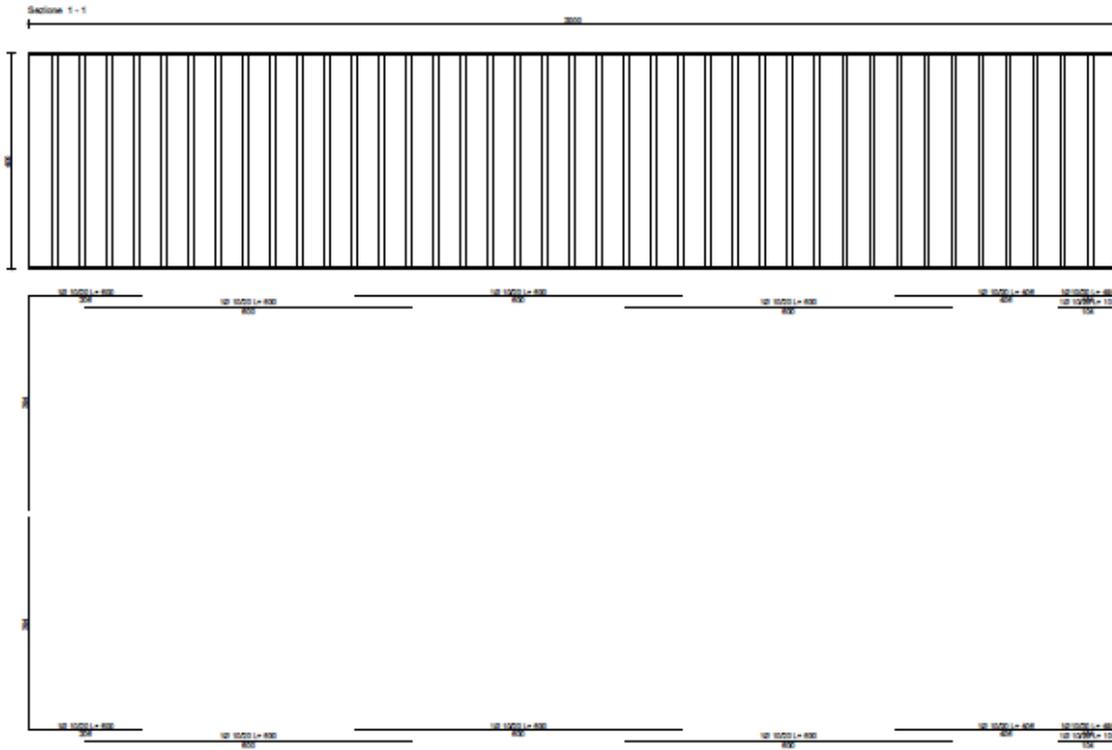
d2 - distanza tra i successivi pioli per numero di pioli rimanenti



Committente:  
**ECOWIND 6 S.r.l.**  
Via Alessandro Manzoni 30  
20121 Milano (MI)

PROGETTO PER LA COSTRUZIONE ED  
ESERCIZIO DI UN PARCO EOLICO DELLA  
POTENZA DI 122,4 MW E RELATIVE OPERE DI  
CONNESSIONE NEI COMUNI DI SINNAI,  
MARACALAGONIS, QUARTUCCIU, SETTIMO SAN  
PIETRO E SELARGIUS (CA)

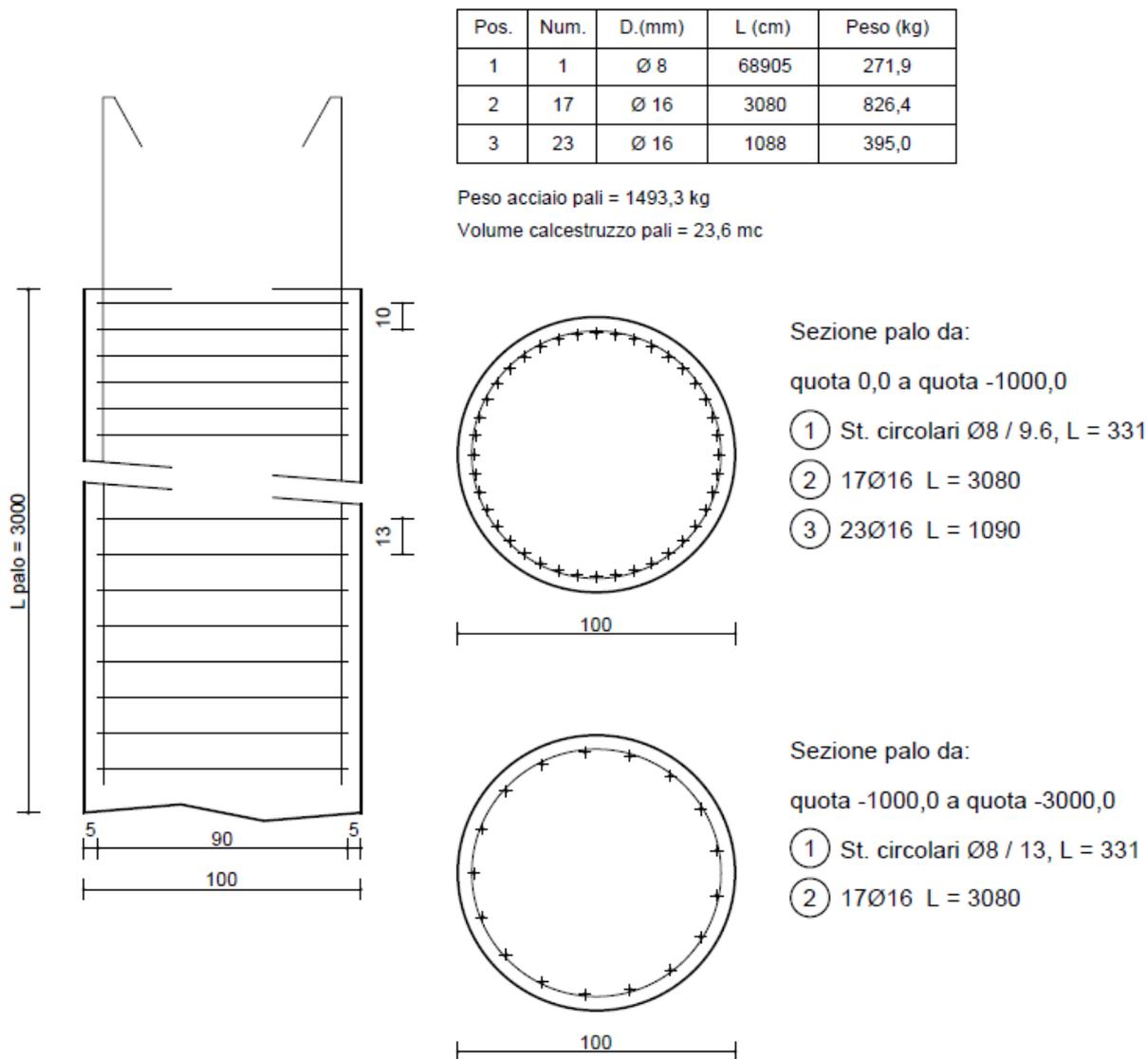
Nome del file:  
**SIN-CIV-REL-034\_00**



Committente: <b>ECOWIND 6 S.r.l.</b> Via Alessandro Manzoni 30 20121 Milano (MI)	PROGETTO PER LA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 122,4 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE NEI COMUNI DI SINNAI, MARACALAGONIS, QUARTUCCIU, SETTIMO SAN PIETRO E SELARGIUS (CA)	Nome del file:  <p style="text-align: right;"><b>SIN-CIV-REL-034_00</b></p>
---	---	---

Particolare costruttivo del palo di fondazione

## PALO TIPO



Committente: <b>ECOWIND 6 S.r.l.</b> Via Alessandro Manzoni 30 20121 Milano (MI)	PROGETTO PER LA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 122,4 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE NEI COMUNI DI SINNAI, MARACALAGONIS, QUARTUCCIU, SETTIMO SAN PIETRO E SELARGIUS (CA)	Nome del file:  <b>SIN-CIV-REL-034_00</b>
---	---	---

## 7. CONCLUSIONI

A seguito di un accurato studio geologico e geotecnico, affiancato da un'analisi geomorfologica della zona, si sono valutati e verificati i criteri di progettazione dell'impianto eolico per l'area in esame.

**Pertanto, l'intervento in progetto risulta essere compatibile.**