

Committente: <b>Wind Energy Apricena Srl</b> Via Caravaggio, 125 Pescara (PE)	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO NEL COMUNE DI APRICENA IN LOCALITA' TRIFONE- SERRILLO	Nome del file: <b>APR-CIV-REL-026_02</b>
--	--	---

## SOMMARIO

1. <b>PREMESSA</b> .....	3
2. <b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b> .....	3
3. <b>PROPRIETÀ FISICHE E MECCANICHE DEI TERRENI</b> .....	3
3.1. Caratteristiche geotecniche dei terreni.....	4
4. <b>CARATTERISTICHE SISMICHE</b> .....	5
5. <b>INDAGINI DA ESEGUIRE</b> .....	7
6. <b>CRITERI DI PROGETTO, MODELLAZIONE GEOTECNICA, VERIFICHE DELLE FONDAZIONI DELLA SOTTOSTAZIONE ELETTRICA</b> .....	10
7. <b>CRITERI DI PROGETTO, MODELLAZIONE GEOTECNICA, VERIFICHE DELLE FONDAZIONI DEGLI AEROGENERATORI</b> .....	17
7.1. Determinazione della portanza verticale di fondazioni profonde.....	18
7.2. Carico limite verticale alla punta del palo.....	19
7.3. Carico limite verticale lungo la superficie laterale del palo.....	23
8. <b>TABULATI DI CALCOLO</b> .....	25
8.1. Simbologia adottata nei tabulati di calcolo.....	25
8.2. Parametri di calcolo.....	27
8.3. Combinazioni di carico.....	28
8.4. Archivio stratigrafie.....	29
8.5. Archivio terreni.....	29
8.6. Dati geometrici degli elementi costituenti le fondazioni profonde.....	29
8.7. Valori di calcolo della portanza per fondazioni profonde.....	34
8.8. Valori di calcolo dei cedimenti per fondazioni profonde.....	38

Committente: <b>Wind Energy Apricena Srl</b> Via Caravaggio, 125 Pescara (PE)	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO NEL COMUNE DI APRICENA IN LOCALITA' TRIFONE- SERRILLO	Nome del file: <b>APR-CIV-REL-026_02</b>
--	--	---

## 1. PREMESSA

La presente relazione espone gli aspetti tecnici relativi alla progettazione di un "Parco Eolico" per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile di tipo eolica, e la conseguente immissione dell'energia prodotta, attraverso la dedicata rete di connessione, sino alla Rete di Trasmissione Nazionale.

Il progetto riguarda la realizzazione di un impianto eolico composto da 12 aerogeneratori ognuno da 5,50 MW da installare nel comune di Apricena (FG) in località "Trifone - Serrillo" con opere di connessione ricadenti nei Comuni di Apricena, (FG) e San Severo (FG), commissionato dalla società Wind Energy Apricena Srl.

Gli aerogeneratori saranno collegati tra di loro mediante un cavidotto in media tensione interrato che collegherà l'impianto alla Sottostazione elettrica di progetto prevista sul territorio di San Severo (FG).

La sottostazione elettrica 30/150 kV, è oggetto del presente progetto; e sarà realizzata, così come meglio esplicitato negli elaborati specifici allegati, in località Motta Regina nel Comune di San Severo (FG).

. Nella presente relazione è descritto, il dimensionamento delle fondazioni degli aerogeneratori del parco eolico in progetto.

In particolare tale parco eolico, costituito in totale da n° 12 aerogeneratori, coinvolge un'areale di territorio omogeneo 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.

## 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 -.";
- **Eurocodice 8 - Parte 5** - "Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici -.";
- **D.M. 14/01/2008 - NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI**
- **Circolare n. 617 del 02/02/2009**

## 3. PROPRIETÀ FISICHE E MECCANICHE DEI TERRENI

L'area di studio, su cui sono previsti come da progetto i 12 aerogeneratori, compresa su quote di circa 38 e 65 metri s.l.m. situato tra il Tavoliere delle Puglie ed il Gargano.

Dal rilievo geolitologico effettuato e dall'esame della documentazione geologica, oltre che della diretta conoscenza dei luoghi per aver effettuato le indagini geognostiche precedentemente richiamate è possibile ricostruire le seguenti successioni stratigrafiche

<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 3 di 45
---	-----------------------------	----------------

Committente: <b>Wind Energy Apricena Srl</b> Via Caravaggio, 125 Pescara (PE)	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO NEL COMUNE DI APRICENA IN LOCALITA' TRIFONE- SERRILLO	Nome del file: <b>APR-CIV-REL-026_02</b>
--	--	---

Dal rilevamento geologico di dettaglio, dai dati bibliografici e dall'analisi di indagini geognostiche eseguite in aree limitrofe (aventi le stesse caratteristiche geologico-stratigrafiche), sono stati riconosciuti affioramenti di materiale di origine alluvionale e residuale che si distingue in due zone morfologicamente differenti. Tale contesto geomorfologico favorisce l'accumularsi di tali terreni ricoprendo quasi per intero il sito

è stata ricostruita la seguente successione litostratigrafia:

- da 0.00 m a 0.60      Terreno vegetale
- da 0.60 m a 5.00      Depositi alluvionali

I parametri geotecnici delle Sabbie con ghiaie dedotti dalla prova penetrometrica sono risultati i seguenti:

Densità relativa	(%)	100
Angolo di attrito	(°)	41
Modulo di Young	(kg/cmq)	329
Modulo edometrico	(kg/cmq)	132
Classificazione AGI		Molto Addensato
Coesione	(kg/cmq)	0.0
Peso di volume	(gr/cmc)	2.24
Modulo di Poisson		0.25
Modulo di def. a taglio	(kg/cmq)	2617

Per un maggiore dettaglio degli strati costituenti l'area oggetto di esame, si rimanda all'elaborato denominato "APR-CIV-REL-023 – Relazione geologica e sismica"

### 3.1. Caratteristiche geotecniche dei terreni

Per quanto riguarda l'individuazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni costituenti il sottosuolo del territorio in esame, esse sono state desunte dalle prove geognostiche svolte direttamente sui diversi siti di interesse (siti aerogeneratori, porzioni di territorio attraversate dal tracciato del cavidotto, ecc.) e da dati derivanti da lavori svolti nel tempo in aree ricadenti nello stesso territorio o ad esso assimilabili dal punto di vista geologico e litostratigrafico, unitamente a dati presenti nella letteratura scientifica riguardanti sia i terreni di copertura (terreno pedogenizzato e orizzonte di alterazione del substrato roccioso locale) e quelli detritici superficiali (detriti di versante, depositi eluvio-colluviali, depositi caotici di frana, ecc.) sia le caratteristiche litologiche e geotecniche dei terreni litoidi costituenti i diversi substrati di base locali.

<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 4 di 45
---	-----------------------------	----------------

Committente: <b>Wind Energy Apricena Srl</b> Via Caravaggio, 125 Pescara (PE)	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO NEL COMUNE DI APRICENA IN LOCALITA' TRIFONE- SERRILLO	Nome del file: <b>APR-CIV-REL-026_02</b>
--	--	---

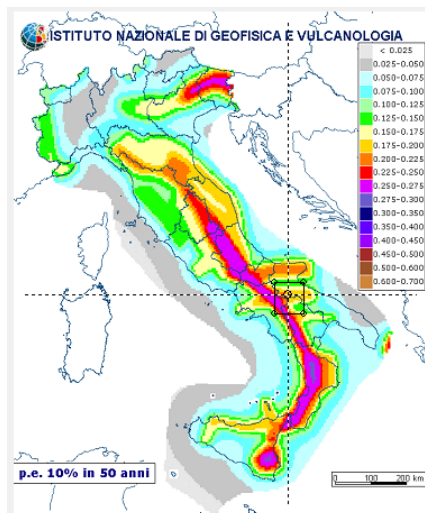
Per quanto riguarda il rischio sismico, va comunque rilevato, che i territori del Comune di Apricena e San Severo(FG) secondo la nuova classificazione sismica (O.P.C.M. 20.03.2003 e succ. mod. ed integr.) ricadono in Zona 2.

Circa la categoria di suolo, indagini geosismiche effettuate in aree immediatamente contermini all'area di sedime degli aerogeneratori hanno restituito valori di VS30, ai sensi dell'O.P.C.M. n. 3274 del 20 Marzo 2003, che consentono di classificare i suoli di fondazione come di categoria C: 261 m/sec

*C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < N_{spt} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < Cu_{30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina).*

## 4. CARATTERISTICHE SISMICHE

Come già detto in precedenza l'area su cui è previsto l'intervento in esame risulta posto nel territorio comunale di Apricena e San Severo, nella Provincia di Foggia e, quindi nella Regione Puglia. Sulla base della D.G.R. n° 153 del 2 marzo 2004 i territori interessati risultano classificato dal punto di vista sismico come Zona 2 e 1.



Inoltre, nell'ambito dell'Ordinanza P.C.M. n° 3274 del 2003, l'intervento risulta collocato dal punto di vista sismico nella Zona 2 sulla base dei valori di accelerazione orizzontale del suolo ( $a_g$ ) compresi tra 0.15 e 0.25, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

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.**

<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 5 di 45
---	-----------------------------	----------------

Committente: <b>Wind Energy Apricena Srl</b> Via Caravaggio, 125 Pescara (PE)	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO NEL COMUNE DI APRICENA IN LOCALITA' TRIFONE- SERRILLO	Nome del file: <b>APR-CIV-REL-026_02</b>
--	--	---

Per eseguire l'analisi mediante i dettami dell 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.

<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 6 di 45
---	-----------------------------	----------------

Committente: <b>Wind Energy Apricena Srl</b> Via Caravaggio, 125 Pescara (PE)	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO NEL COMUNE DI APRICENA IN LOCALITA' TRIFONE- SERRILLO	Nome del file: <b>APR-CIV-REL-026_02</b>
--	--	---

## 5. INDAGINI DA ESEGUIRE

Nella presente relazione sono riportate le indagini che si intendono effettuare in fase esecutiva ai fini di una dettagliata caratterizzazione dei terreni e definire così, mediante prove di laboratorio, i parametri fisici e meccanici, utili al dimensionamento della fondazione degli aerogeneratori di progetto.

Nel dettaglio, ogni singola area sarà interessata da indagini geologiche e geotecniche commisurate all'entità dell'area da indagare. Per il progetto in esame si prevede la realizzazione di n° **9** sondaggi in corrispondenza delle fondazioni da realizzare.

Le indagini geotecniche che si andranno a realizzare sono del tipo diretto e indiretto.

Le **indagini di tipo diretto** consentono di indentificare la successione lito-stratigrafica del sottosuolo a profondità di interesse ingegneristico, stimare le caratteristiche geotecniche dei terreni attraverso la realizzazione di prove geotecniche in sito, monitorare i parametri geologici e geotecnici in grado di condizionare il sistema opera – terreno (pressioni neutre, cedimenti, spostamento lungo piano di frana, ecc.).

Si prevedono per questa tipologia:

- **Sondaggi verticali** a carotaggio continuo (figura 2) da realizzare fino ad una profondità di 30 metri utilizzando carotiere con punta scelta in funzione della tipologia di terreno indagato. Questo permetterà di estrarre carote e campioni indisturbati da sottoporre a prove geotecniche e di laboratorio. Le prove di laboratorio permetteranno di individuare le caratteristiche fisiche e meccaniche del terreno indagato



<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 7 di 45
---	-----------------------------	----------------



*Figura 1 - Sondaggio verticale con carotiere*

**Indagini di tipo indiretto**, sono per lo più indagini geofisiche, nel dettaglio tecniche di indagine, capaci di fornire un'immagine globale e continua del sottosuolo sulla base della distribuzione dei parametri fisici misurati.

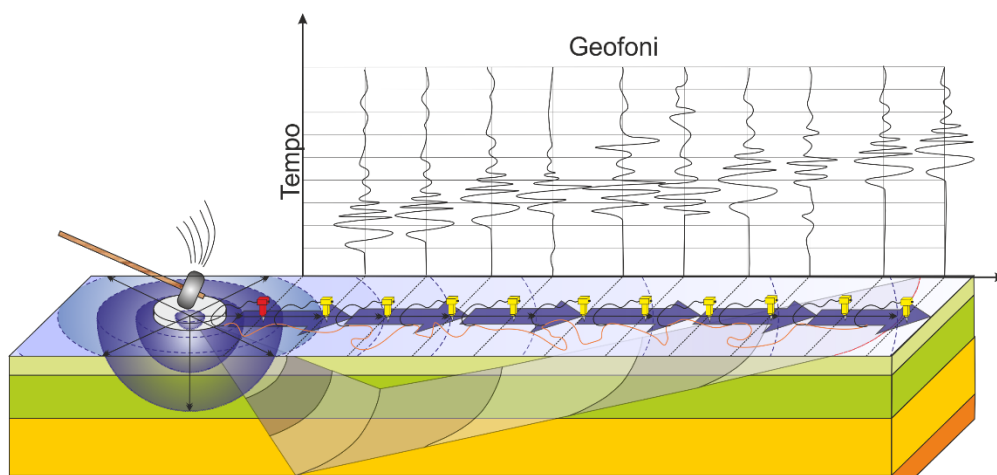
Si prevedono per questa tipologia:

- **Indagine sismiche "Down Hole"** consistenti nella determinazione della velocità di propagazione delle onde di volume (compressione onde P e di taglio S), misurando il tempo che esse impiegano nel tragitto tra la sorgente e i ricevitori, posti all'interno dei fori di sondaggio, considerando nota la distanza sorgente-ricevitori



*Figura 2 - Indagine sismica - Down Hole*

- **Indagini sismica a rifrazione** consistenti nella ricostruzione areale delle geometrie e degli spessori dei depositi di copertura, la profondità del substrato, la verifica di eventuali discontinuità laterali nonché di determinare le caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali attraverso la determinazione dei moduli elastici dinamici. Nel dettaglio verrà posizionata una sorgente di onde elastiche e successivamente si stenderanno geofoni lungo un profilo, a questo giungeranno onde dirette, onde riflesse, onde coniche o bi-fratte (headwave). I contrasti sismici individuati nel sottosuolo permetteranno di ricostruire la geometria dei vari “sismostrati” su superfici di ampia estensione



*Figura 3 - Sismica a rifrazione. L'energia rifratta sulle differenti superfici di discontinuità, misurata in superficie da specifici geofoni, fornirà informazioni circa le velocità sismiche dei corpi presenti nel sottosuolo*

AREA INTERESSATA	INDAGINE DIRETTE	INDAGINI INDIRETTE
WTG1	n°1 Sondaggio in corrispondenza della fondazione di progetto	n°1 Indagine “DOWN – HOLE – in corrispondenza della fondazione in progetto
WTG2	n°1 Sondaggio in corrispondenza della fondazione di progetto	n°1 Indagine “DOWN – HOLE – in corrispondenza della fondazione in progetto
WTG3	n°1 Sondaggio in corrispondenza della fondazione di progetto	n°1 Indagine “DOWN – HOLE – in corrispondenza della fondazione in progetto
WTG4	n°1 Sondaggio in corrispondenza della fondazione di progetto	n°1 Indagine “DOWN – HOLE – in corrispondenza della fondazione in progetto
WTG5	n°1 Sondaggio in corrispondenza della fondazione di progetto	n°1 Indagine “DOWN – HOLE – in corrispondenza della fondazione in progetto
WTG6	n°1 Sondaggio in corrispondenza della fondazione di progetto	n°1 Indagine “DOWN – HOLE – in corrispondenza della fondazione in progetto
WTG7	n°1 Sondaggio in corrispondenza della fondazione di progetto	n°1 Indagine “DOWN – HOLE – in corrispondenza della fondazione in progetto



Committente: <b>Wind Energy Apricena Srl</b> Via Caravaggio, 125 Pescara (PE)	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO NEL COMUNE DI APRICENA IN LOCALITA' TRIFONE- SERRILLO	Nome del file: <b>APR-CIV-REL-026_02</b>
--	--	---

AREA INTERESSATA	INDAGINE DIRETTE	INDAGINI INDIRETTE
WTG8	n°1 Sondaggio in corrispondenza della fondazione di progetto	n°1 Indagine "DOWN – HOLE – in corrispondenza della fondazione in progetto
WTG9	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 **9** aree dove sono previste le fondazioni di progetto.

## 6. CRITERI DI PROGETTO, MODELLAZIONE GEOTECNICA, VERIFICHE DELLE FONDAZIONI DELLA SOTTOSTAZIONE ELETTRICA

Coerentemente con l'attuale fase progettuale e con quanto illustrato nella Relazione Geologica (file APR-CIV-REL-023), si restituiscono il modello Geotecnico dei terreni di fondazione delle opere previste dal progetto, sufficientemente robusto ed in grado di fornire le indicazioni necessarie per la valutazione della "congruenza tecnica" delle previsioni realizzative.

Le opere più impegnative dal punto di vista ingegneristico sono rappresentate dalle strutture di fondazione degli aerogeneratori per i quali si prevedono fondazioni su plinti a pianta quadrata o circolare di adeguate dimensioni, poggianti su pali trivellati in c.a. il cui diametro e lunghezza sarà definito sulla base degli specifici calcoli ingegneristici, riportati ai paragrafi successivi.

Opere minori e meno impegnative sono rappresentate dalla realizzazione delle piazzole di montaggio, del cavidotto interno al parco, dalla realizzazione e/o adeguamento delle strade di accesso, dalla realizzazione del cavidotto esterno ed infine, dalla realizzazione della Cabina di raccolta e dalla Sottostazione Elettrica SSE 30-150 KV nel comune di San Severo.

Per esse non si prevedono particolari problematiche essendo le opere di fondazione di limitato impegno ingegneristico e tecnico e del tutto compatibili con le caratteristiche geologiche e geotecniche del substrato di fondazione.

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

La tipologia delle opere di fondazione è consona alle caratteristiche meccaniche del terreno definite in base ai risultati delle indagini geognostiche. Nel caso in esame, la struttura di fondazione è costituita da fondazioni di tipo dirette.

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

$$Ed \leq Rd$$

dove:

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

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

Le verifiche strutturali e geotecniche delle fondazioni, sono state effettuate con l'Approccio 2 come definito al §2.6.1 del D.M. 2018, attraverso la combinazione A1+M1+R3. Le azioni sono state amplificate tramite i coefficienti della colonna A1 (STR) definiti nella tabella 6.2.1 del D.M. 2018.

<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 10 di 45
---	-----------------------------	-----------------

Committente: <b>Wind Energy Apricena Srl</b> Via Caravaggio, 125 Pescara (PE)	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO NEL COMUNE DI APRICENA IN LOCALITA' TRIFONE- SERRILLO	Nome del file: <b>APR-CIV-REL-026_02</b>
--	--	---

**Tabella 6.2.I - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni [cfr. D.M. 2018]**

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente parziale g <sub>F</sub> (o g <sub>E</sub> )	A1 (STR)	A2 (GEO)
Carichi permanenti G <sub>1</sub>	Favorevole	g <sub>G1</sub>	1,00	1,00
	Sfavorevole		1,30	1,00
Carichi permanenti G <sub>2</sub> <sup>(1)</sup>	Favorevole	g <sub>G2</sub>	0,80	0,80
	Sfavorevole		1,50	1,30
Azioni variabili Q	Favorevole	g <sub>Qi</sub>	0,00	0,00
	Sfavorevole		1,50	1,30

<sup>(1)</sup> Per i carichi permanenti G<sub>2</sub> si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti g<sub>G1</sub>

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

**Tabella 6.2.II - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno [cfr. D.M. 2018]**

PARAMETRO GEOTECNICO	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale g <sub>M</sub>	M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza a taglio	tan <sub>jk</sub>	g <sub>j'</sub>	1,00	1,25
Coesione efficace	c' <sub>k</sub>	g <sub>c'</sub>	1,00	1,25
Resistenza non drenata	c <sub>uk</sub>	g <sub>cu</sub>	1,00	1,40
Peso dell'unità di volume	g <sub>g</sub>	g <sub>g</sub>	1,00	1,00

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

**Tabella 6.4.I - Coefficienti parziali g<sub>R</sub> per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali.**

Verifica	Coefficiente Parziale (R3)
Carico limite	g <sub>R</sub> = 2,3
Scorrimento	g <sub>R</sub> = 1,1

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

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

in cui:

- c = coesione del terreno al disotto del piano di posa della fondazione;
- q = g · D = pressione geostatica in corrispondenza del piano di posa della fondazione;
- g = peso unità di volume del terreno al di sopra del piano di posa della fondazione;
- D = profondità del piano di posa della fondazione;

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

L = lunghezza della fondazione;

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

N<sub>c</sub>, N<sub>q</sub>, N<sub>g</sub> = fattori di capacità portante;

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

<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 11 di 45
---	-----------------------------	-----------------

Committente: <b>Wind Energy Apricena Srl</b> Via Caravaggio, 125 Pescara (PE)	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO NEL COMUNE DI APRICENA IN LOCALITA' TRIFONE- SERRILLO	Nome del file: <b>APR-CIV-REL-026_02</b>
--	--	---

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

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

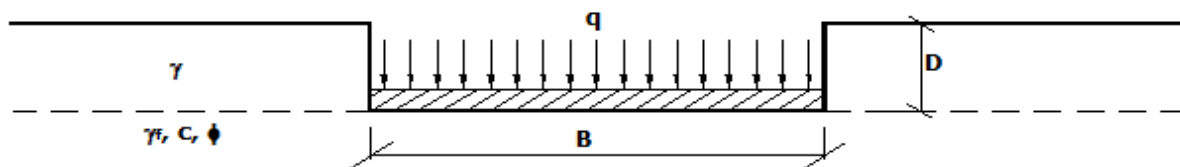
eB = eccentricità parallela al lato di dimensione B;

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

eL = eccentricità parallela al lato di dimensione L;

con  $B' \leq L'$ .

dove:



### Calcolo dei fattori $N_c$ , $N_q$ , $N_g$

Terreni puramente coesivi ( $c \neq 0$ , $f = 0$ )	Terreni dotati di attrito e coesione ( $c \neq 0$ , $f \neq 0$ )
$N_c = 2 + p$	$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot f$
$N_q = 1$	$N_q = K_p \cdot e^{p \cdot \tan f}$
$N_g = 0$ se $w = 0$ $N_g = -2 \cdot \sin w$ se $w \neq 0$	$N_g = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan f$

dove:

$$k_p = \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

è il coefficiente di spinta passiva di Rankine;

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

w = angolo di inclinazione del piano campagna

### Calcolo dei fattori di profondità del piano di posa $d_c$ , $d_q$ , $d_g$

Si definisce il seguente parametro:

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

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

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

### Calcolo dei fattori di inclinazione del carico $i_c$ , $i_q$ , $i_g$

Si definisce il seguente parametro:

$$m = m_B = \frac{2 + B/L}{1 + B/L}$$

se la forza H è parallela alla direzione trasversale della fondazione

<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 45
---	-----------------------------	-----------------

Committente: <b>Wind Energy Apricena Srl</b> Via Caravaggio, 125 Pescara (PE)	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO NEL COMUNE DI APRICENA IN LOCALITA' TRIFONE- SERRILLO	Nome del file: <b>APR-CIV-REL-026_02</b>
--	--	---

$$m = m_L = \frac{2 + L/B}{1 + L/B}$$

se la forza H è parallela alla direzione longitudinale della fondazione

$$m = m_q = m_L \cdot \cos^2 q + m_B \cdot \sin^2 q$$

se la forza H forma un angolo q con la direzione longitudinale della fondazione

Terreni coesivi (c≠0, f=0)	Terreni incoerenti (c=0, f≠0)	Terreni dotati di attrito e coesione (c≠0, f≠0)
$i_c = 1 - \frac{m \cdot H}{c \cdot N_c \cdot B \cdot L}$	$i_c = 0$	$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_c \cdot \tan \phi}$
$i_q = 1$	$i_q = \left(1 - \frac{H}{V}\right)^m$	$i_q = \left(1 - \frac{H}{V + B \cdot L \cdot c \cdot \cot \phi}\right)^m$
$i_g = 0$	$i_g = \left(1 - \frac{H}{V}\right)^{m+1}$	$i_g = \left(1 - \frac{H}{V + B \cdot L \cdot c \cdot \cot \phi}\right)^{m+1}$

dove:

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

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

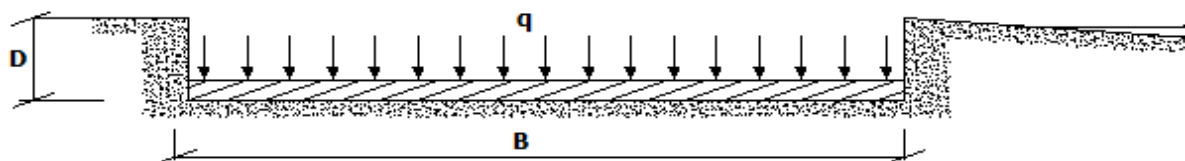
### Calcolo dei fattori di inclinazione del piano di campagna $b_c$ , $b_q$ , $b_g$

Indicando con  $w$  la pendenza del piano campagna, si ha:

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

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

$$w < f; \quad w < 45^\circ.$$



### Calcolo dei fattori di inclinazione del piano di posa $g_c$ , $g_q$ , $g_g$

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

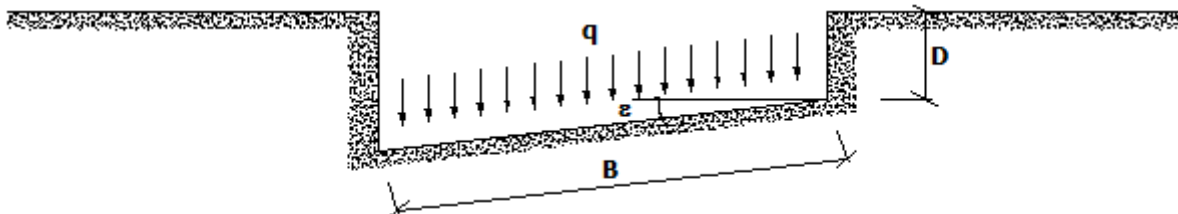
Terreni puramente coesivi (c≠0, f=0)	Terreni dotati di attrito e coesione (c≠0, f≠0)
$g_c = 1 - \frac{2 \cdot e}{(2 + \pi)}$	$g_c = g_q - \frac{1 - g_q}{N_c \cdot \tan \phi}$
$g_q = 1$	$g_q = (1 - e \cdot \tan f)^2$
$g_g = 1$	$g_g = g_q$

<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 13 di 45
---	-----------------------------	-----------------

Committente: <b>Wind Energy Apricena Srl</b> Via Caravaggio, 125 Pescara (PE)	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO NEL COMUNE DI APRICENA IN LOCALITA' TRIFONE- SERRILLO	Nome del file: <b>APR-CIV-REL-026_02</b>
--	--	---

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

$$e < 45^\circ$$



### Calcolo dei fattori di riduzione per rottura a punzonamento $y_c$ , $y_q$ , $y_g$

Si definisce l'indice di rigidità del terreno come:

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

dove:

$$G = \frac{E}{2 \cdot (1 + \nu)}$$

= modulo d'elasticità tangenziale del terreno;

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

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

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

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

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

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

### Correzione per fondazione tipo piastra

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

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

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

B [m]	2	2.5	3	3.5	4	5	10	20	100
$r_g$	1,00	0,97	0,95	0,93	0,92	0,90	0,82	0,75	0,57

<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 45
---	-----------------------------	-----------------

Committente: <b>Wind Energy Apricena Srl</b> Via Caravaggio, 125 Pescara (PE)	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO NEL COMUNE DI APRICENA IN LOCALITA' TRIFONE- SERRILLO	Nome del file: <b>APR-CIV-REL-026_02</b>
--	--	---

Questo coefficiente assume particolare importanza per fondazioni larghe con rapporto D/B basso, caso nel quale il termine "B·N<sub>g</sub>" è predominante.

### Calcolo del carico limite in condizioni non drenate

L'espressione generale del carico limite, valutato in termini di *tensioni totale*, diventa:

$$q_{lim} = c_u \cdot (2 + \pi) \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c + q + \frac{B'}{2} \cdot \gamma_{sat} \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot r_\gamma$$

dove:

c<sub>u</sub> = coesione non drenata;

γ<sub>sat</sub> = peso unità di volume del terreno in condizioni di saturazione.

**N.B:** Nel calcolo in condizioni non drenate (situazione molto rara per un terreno incoerente) si assume, sempre e comunque, che l'angolo di attrito f sia nullo (f = 0).

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

Nell'analisi pseudo-statica, modellando l'azione sismica attraverso la sola componente orizzontale, tali effetti possono essere portati in conto mediante l'introduzione di coefficienti sismici rispettivamente denominati **K<sub>hi</sub>** e **K<sub>hk</sub>**, il primo definito dal rapporto tra le componenti orizzontale e verticale dei carichi trasmessi in fondazione ed il secondo funzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

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

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

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

Z<sub>c</sub>, Z<sub>q</sub>, Z<sub>g</sub> = coefficienti correttivi dovuti all'effetto inerziale;

c<sub>g</sub> = coefficiente correttivo dovuto all'effetto cinematico.

### Calcolo del fattore correttivo dovuto all'effetto cinematico c<sub>g</sub>

L'effetto cinematico modifica il solo coefficiente N<sub>g</sub> in funzione del coefficiente sismico K<sub>hk</sub> che è pari a:

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

dove:

b<sub>s</sub> = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

g = accelerazione di gravità;

S<sub>s</sub> = coefficiente di amplificazione stratigrafica;

S<sub>T</sub> = coefficiente di amplificazione topografica;

a<sub>g</sub> = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

I valori di b<sub>s</sub> sono riportati nella seguente tabella:

	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	
	A	B,C,D,E
	b <sub>s</sub>	b <sub>s</sub>
0,2 < a <sub>g</sub> (g) ≤ 0,4	0,30	0,28
0,1 < a <sub>g</sub> (g) ≤ 0,2	0,27	0,24
a <sub>g</sub> (g) ≤ 0,1	0,20	0,20

Il fattore correttivo dovuto all'effetto cinematico c<sub>g</sub> è stato, pertanto, determinato con la seguente relazione:

<b>Terreni puramente coesivi</b> (c≠0, f=0)	<b>Terreni dotati di attrito e coesione</b> (c≠0, f≠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 15 di 45
---	-----------------------------	-----------------

Committente: <b>Wind Energy Apricena Srl</b> Via Caravaggio, 125 Pescara (PE)	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO NEL COMUNE DI APRICENA IN LOCALITA' TRIFONE- SERRILLO	Nome del file: <b>APR-CIV-REL-026_02</b>
--	--	---

$c_g = 1$	$c_\gamma = \left(1 - \frac{K_{hk}}{\tan \phi}\right)^{0.45}$ se $\frac{K_{hk}}{\tan \phi} < 1$ , altrimenti $c_g = 0$
-----------	--

### Calcolo dei fattori correttivi dovuti all'effetto inerziale $z_c, z_q, z_g$

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

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

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

dove:

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

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

i cui termini sono stati precedentemente precisati.

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

### Verifiche nei confronti degli stati limite ultimi (SLU)

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa relativa alla verifica dello stato limite di collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno.

Si precisa che il valore relativo alla colonna  $Q_{d,Rd}$ , di cui nella tabella seguente, è da intendersi come il valore di progetto della resistenza  $R_d$ , ossia il rapporto fra il carico limite  $q_{lim}$  (calcolato come sopra esposto) ed il valore del coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_R$  relativo alla capacità portante del complesso terreno-fondazione, in relazione all'approccio utilizzato. Nel caso in esame il coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_R$  è stato assunto pari a 2,3 (tabella 6.4.I del D.M. 2018).

Si precisa che, nella sottostante tabella:

- la coppia  $Q_{Ed}$  e  $Q_{d,Rd}$  è relativa alla combinazione di carico, fra tutte quelle esaminate, che da luogo al minimo coefficiente di sicurezza (CS);
- nelle colonne "**per  $N_q$ , per  $N_c$  e per  $N_g$** ", relative ai "**Coef. Cor. Terzaghi**", viene riportato il prodotto tra i vari coefficienti correttivi presenti nell'espressione generale del carico limite. Ad esempio si è posto:

$$\text{Coef. Cor. Terzaghi per } N_q = s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot g_q \cdot b_q \cdot y_q \cdot Z_q$$

$$\text{Coef. Cor. Terzaghi per } N_c = s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c \cdot y_c \cdot Z_c$$

$$\text{Coef. Cor. Terzaghi per } N_g = s_g \cdot d_g \cdot i_g \cdot g_g \cdot b_g \cdot y_g \cdot r_g \cdot Z_g \cdot C_g$$

Le strutture saranno di tipo prefabbricato e pertanto i tabulati di calcolo definitivi, saranno forniti direttamente dal produttore.

<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 16 di 45
---	-----------------------------	-----------------

Committente: <b>Wind Energy Apricena Srl</b> Via Caravaggio, 125 Pescara (PE)	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO NEL COMUNE DI APRICENA IN LOCALITA' TRIFONE- SERRILLO	Nome del file: <b>APR-CIV-REL-026_02</b>
--	--	---

## CABINA DI RACCOLTA

Il fabbricato destinato alla cabina ha le seguenti dimensioni:

- Larghezza: 3,80 mt
- Lunghezza: 11,30 mt
- Altezza: 2,76 mt
- Superficie complessiva: 42,94 mq

Dal punto di vista strutturale il fabbricato sarà realizzato su una fondazione a platea posata in opera con spessore di 50 cm in c.a.”

## CABINA DI CONSEGNA E TRASFORMAZIONE

Il fabbricato destinato alla cabina della sottostazione elettrica ha le seguenti dimensioni:

- Larghezza: 4.60 mt
- Lunghezza: 22.90 mt
- Altezza: 3.00 mt
- Superficie complessiva: 105,34 mq

Dal punto di vista strutturale il fabbricato sarà realizzato con elementi in c.a. prefabbricato, con tramezzature interna in c.l.s. ignifughe, su una fondazione a platea posata in opera con spessore di 50 cm in c.a.”

## 7. CRITERI DI PROGETTO, MODELLAZIONE GEOTECNICA, VERIFICHE DELLE FONDAZIONI DEGLI AEROGENERATORI

In questa fase si ipotizza la progettazione 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.

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 “fatturazione” appare legato alla suddivisione e alla dimensione delle fratture,

<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 17 di 45
---	-----------------------------	-----------------



Committente: <b>Wind Energy Apricena Srl</b> Via Caravaggio, 125 Pescara (PE)	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO NEL COMUNE DI APRICENA IN LOCALITA' TRIFONE- SERRILLO	Nome del file: <b>APR-CIV-REL-026_02</b>
--	--	---

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 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 fatturazione 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.

Nel caso in cui, invece, il sottosuolo dell'area, su cui è prevista la realizzazione di uno degli aerogeneratori, risulti caratterizzato al di sotto del primo orizzonte di alterazione (suolo) dalla presenza di **terreni prevalentemente argillosi, argilloso-marnosi o argilloso-sabbiosi**, o nel caso in cui il substrato "integro" sia molto profondo, è possibile procedere con metodi più cautelativi ed applicare le formule canoniche per i terreni sciolti (sabbie, ghiaie sabbie limose e limi sabbiosi) e/o coesivi (argille, argille marnose e limi argillosi) per il calcolo della capacità portante. In tal caso è possibile considerare per la porzione più superficiale dei terreni interessati i parametri geotecnici riportati nella tabella seguente. Si precisa che la stratigrafia geotecnica utilizzata nelle calcolazioni, e sotto riportata (derivata da uno studio bibliografico relativo a lavori ed indagini geognostiche –in situ e di laboratorio geotecnico eseguite in aree similari dal punto di vista geologico), va considerata come la "verticale tipo" più "scadente" riscontrabile nelle aree d'interesse:

Per i parametri geotecnici si fa riferimento a quanto su riportato estrapolato dalla relazione geologica.

## 7.1. 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.

<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 45
---	-----------------------------	-----------------

Committente: <b>Wind Energy Apricena Srl</b> Via Caravaggio, 125 Pescara (PE)	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO NEL COMUNE DI APRICENA IN LOCALITA' TRIFONE- SERRILLO	Nome del file: <b>APR-CIV-REL-026_02</b>
--	--	---

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 rinvengono 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):

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

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.

## 7.2. 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):

<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 19 di 45
---	-----------------------------	-----------------

Committente: <b>Wind Energy Apricena Srl</b> Via Caravaggio, 125 Pescara (PE)	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO NEL COMUNE DI APRICENA IN LOCALITA' TRIFONE- SERRILLO	Nome del file: <b>APR-CIV-REL-026_02</b>
--	--	---

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

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:

$$Q_p = A_p \cdot (q_p \cdot N_q^* + c \cdot N_c^*)$$

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  $\phi_{cor}$  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  $\phi \neq 0$  (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  $\phi = 0$  (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  $\phi \neq 0$  (condizione drenata) si ha:

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

<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 45
---	-----------------------------	-----------------

Committente: <b>Wind Energy Apricena Srl</b> Via Caravaggio, 125 Pescara (PE)	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO NEL COMUNE DI APRICENA IN LOCALITA' TRIFONE- SERRILLO	Nome del file: <b>APR-CIV-REL-026_02</b>
--	--	---

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### 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:

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

L/D	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

Committente: <b>Wind Energy Apricena Srl</b> Via Caravaggio, 125 Pescara (PE)	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO NEL COMUNE DI APRICENA IN LOCALITA' TRIFONE- SERRILLO	Nome del file: <b>APR-CIV-REL-026_02</b>
--	--	---

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

$N/\Delta$	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:

$$N_q^* = \frac{3}{3 - \text{sen}(\phi)} \cdot \text{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right) \cdot I_{rr}^{\frac{4 + \text{sen}(\phi)}{2(1 + \text{sen}(\phi))}} \cdot e^{\left(\frac{\pi}{2} - \phi\right) \cdot \text{tg}(\phi)}$$

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

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

$$I_r = \frac{E_t}{2 \cdot (1 + \nu) \cdot (c + q_p \cdot \alpha \cdot \text{tg}(\phi))}$$

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  $\alpha = 1$ ) il coefficiente di riduzione " $\alpha$ " assume la seguente espressione:

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

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

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

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

$$\vartheta = 60 + 0.45 \cdot \text{Dr}$$

<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 22 di 45
---	-----------------------------	-----------------

Committente: <b>Wind Energy Apricena Srl</b> Via Caravaggio, 125 Pescara (PE)	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO NEL COMUNE DI APRICENA IN LOCALITA' TRIFONE- SERRILLO	Nome del file: <b>APR-CIV-REL-026_02</b>
--	--	---

dove "Dr" è la densità relativa del terreno.

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

$$N_q^* = 1.00 \qquad N_c^* = 5.74$$

### Formulazione di Terzaghi per base poggianti 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.

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

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

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

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

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

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

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

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

## 7.3. 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 23 di 45
---	-----------------------------	-----------------

Committente: <b>Wind Energy Apricena Srl</b> Via Caravaggio, 125 Pescara (PE)	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO NEL COMUNE DI APRICENA IN LOCALITA' TRIFONE- SERRILLO	Nome del file: <b>APR-CIV-REL-026_02</b>
--	--	---

- $\delta$       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)**

$$\text{se } c_* \leq 5.00 \text{ N/cm}^2 \quad \Rightarrow \quad \psi = 1.000 - 0.100 \cdot c_*$$

$$\text{se } c_* > 5.00 \text{ N/cm}^2 \quad \Rightarrow \quad \psi = 0.525 - 0.005 \cdot c_*$$

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

$$\text{se } c_* \leq 2.50 \text{ N/cm}^2 \quad \Rightarrow \quad \psi = 0.90$$

$$\text{se } 2.50 < c_* \leq 5.00 \text{ N/cm}^2 \quad \Rightarrow \quad \psi = 0.80$$

$$\text{se } 5.00 < c_* \leq 7.50 \text{ N/cm}^2 \quad \Rightarrow \quad \psi = 0.60$$

$$\text{se } c_* > 7.50 \text{ N/cm}^2 \quad \Rightarrow \quad \psi = 0.40$$

**Woodward (consigliato per pali trivellati)**

$$\text{se } c_* \leq 4.00 \text{ N/cm}^2 \quad \Rightarrow \quad \psi = 0.90$$

$$\text{se } 4.00 < c_* \leq 8.00 \text{ N/cm}^2 \quad \Rightarrow \quad \psi = 0.60$$

$$\text{se } 8.00 < c_* \leq 12.00 \text{ N/cm}^2 \quad \Rightarrow \quad \psi = 0.50$$

$$\text{se } 12.00 < c_* \leq 20.00 \text{ N/cm}^2 \quad \Rightarrow \quad \psi = 0.40$$

$$\text{se } c_* > 20.00 \text{ N/cm}^2 \quad \Rightarrow \quad \psi = 0.30$$

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

<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 24 di 45
---	-----------------------------	-----------------

Committente: <b>Wind Energy Apricena Srl</b> Via Caravaggio, 125 Pescara (PE)	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO NEL COMUNE DI APRICENA IN LOCALITA' TRIFONE- SERRILLO	Nome del file: <b>APR-CIV-REL-026_02</b>
--	--	---

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

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.

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:

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

## 8. TABULATI DI CALCOLO

### 8.1. 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.

<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 25 di 45
---	-----------------------------	-----------------



Committente: <b>Wind Energy Apricena Srl</b> Via Caravaggio, 125 Pescara (PE)	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO NEL COMUNE DI APRICENA IN LOCALITA' TRIFONE- SERRILLO	Nome del file: <b>APR-CIV-REL-026_02</b>
--	--	---

### **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)
- 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

<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 45
---	-----------------------------	-----------------

Committente: <b>Wind Energy Apricena Srl</b> Via Caravaggio, 125 Pescara (PE)	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO NEL COMUNE DI APRICENA IN LOCALITA' TRIFONE- SERRILLO	Nome del file: <b>APR-CIV-REL-026_02</b>
--	--	---

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
- 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

## **8.2. 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

<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 27 di 45
---	-----------------------------	-----------------

Committente: <b>Wind Energy Apricena Srl</b> Via Caravaggio, 125 Pescara (PE)	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO NEL COMUNE DI APRICENA IN LOCALITA' TRIFONE- SERRILLO	Nome del file: <b>APR-CIV-REL-026_02</b>
--	--	---

**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

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

Fattore di correlazione: 1,70

<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 45
---	-----------------------------	-----------------

Committente: <b>Wind Energy Apricena Srl</b> Via Caravaggio, 125 Pescara (PE)	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO NEL COMUNE DI APRICENA IN LOCALITA' TRIFONE- SERRILLO	Nome del file: <b>APR-CIV-REL-026_02</b>
--	--	---

## 8.4. Archivio stratigrafie

Indice / Descrizione: 001 / Nuova stratigrafia n. 1

Numero strati: 3

Profondità falda: assente

Strato n. Neg.	Quota di riferimento	Spessore	Indice / Descrizione terreno	Attrito
1	da 0,0 a -7000,0 cm	7000,0 cm	001 / Limo	Assente
2	da -7000,0 a -10000,0 cm	3000,0 cm	002 / Limo argilloso	Assente
3	da -10000,0 a -60000,0 cm	50000,0 cm	003 / Argilla dura	Assente

## 8.5. Archivio terreni

Indice / Descrizione terreno: **001 / Limo**

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>	%	%	
1,950 E-3	1,900 E-3	23,000	0,330	80,608	150,000	60,0	0,379	0,67

Indice / Descrizione terreno: **002 / Limo argilloso**

Comportamento del terreno: condizione non drenata

Peso Spec.	P. Spec. Sat.	Coes.non dren.	Mod.Elast.	Mod.Edom.	Dens.Rel.	Poisson	C. Ades.
daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	%	%	
1,950 E-3	2,000 E-3	0,500	100,000	100,000	60,0	0,500	0,50

Indice / Descrizione terreno: **003 / Argilla dura**

Comportamento del terreno: litoide (roccia)

Peso Spec.	P. Spec. Sat.	Angolo Res.	Coesione	Mod.Elast.	Poisson	RQD	C. Ades.
daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	Gradi°	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	%	%	
2,000 E-3	2,100 E-3	35,000	0,300	200,000	0,500	60,0	0,00

## 8.6. Dati geometrici degli elementi costituenti le fondazioni profonde

Elemento: 126 - 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.					
1840,0	160,0	100,0	200,0	200,0	0,0	0,00	126	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											

<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 29 di 45
---	-----------------------------	-----------------

Committente: <b>Wind Energy Apricena Srl</b> Via Caravaggio, 125 Pescara (PE)	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO NEL COMUNE DI APRICENA IN LOCALITA' TRIFONE- SERRILLO	Nome del file: <b>APR-CIV-REL-026_02</b>
--	--	---

**Elemento: 136 - 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.					
1840,0	960,0	100,0	200,0	200,0	0,0	0,00	136	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: 147 - 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.					
1840,0	1840,0	100,0	200,0	200,0	0,0	0,00	147	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: 366 - 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.					
1040,0	160,0	100,0	200,0	200,0	0,0	0,00	366	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: 376 - 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.					
1040,0	960,0	100,0	200,0	200,0	0,0	0,00	376	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: 387 - 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.
1040,0	1840,0	100,0	200,0	200,0	0,0	0,00	387	001

<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 30 di 45
---	-----------------------------	-----------------

Committente: <b>Wind Energy Apricena Srl</b> Via Caravaggio, 125 Pescara (PE)	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO NEL COMUNE DI APRICENA IN LOCALITA' TRIFONE- SERRILLO	Nome del file: <b>APR-CIV-REL-026_02</b>
--	--	---

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
<b>Palo</b>	<b>Asc. X'</b>	<b>Ord. Y'</b>										
n.	cm	cm										
1	0,0	0,0										

**Elemento: 630 - 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.					
160,0	160,0	100,0	200,0	200,0	0,0	0,00	630	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	
<b>Palo</b>	<b>Asc. X'</b>	<b>Ord. Y'</b>											
n.	cm	cm											
1	0,0	0,0											

**Elemento: 640 - 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.					
160,0	960,0	100,0	200,0	200,0	0,0	0,00	640	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	
<b>Palo</b>	<b>Asc. X'</b>	<b>Ord. Y'</b>											
n.	cm	cm											
1	0,0	0,0											

**Elemento: 651 - Palo singolo - Tipologia pali: trivellati**

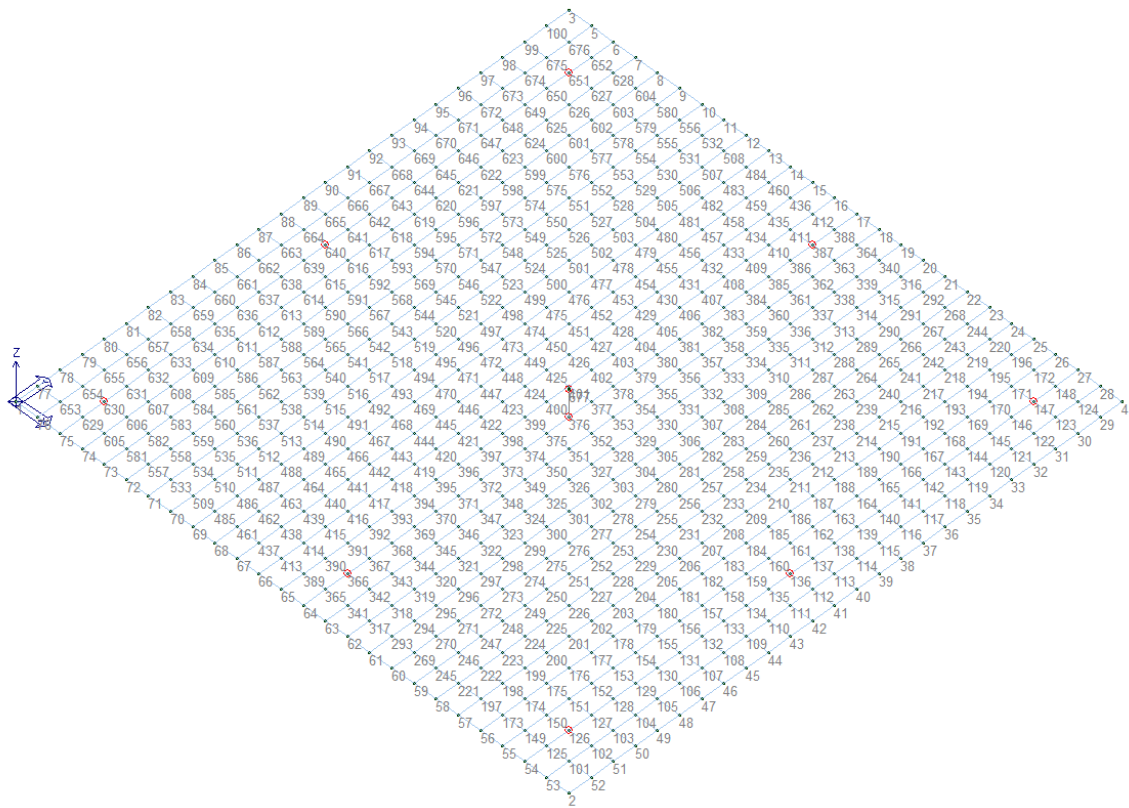
X elem.	Y elem.	Prof.	Base	Lungh.	Altez.	Rot.	Grup.ap.	Ind.strat.					
cm	cm	cm	cm	cm	cm	Gradi°	n.	n.					
160,0	1840,0	100,0	200,0	200,0	0,0	0,00	651	001					
Dia. P.	Lun. P.	Lun. L.	Dist.P.	In. Px	In. Py	Dia. B.	Lun. B.	E.C.V.	E.C.C.	E.C.T.	Svin.testa	Vin.piede	
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm				codice	codice	
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	
<b>Palo</b>	<b>Asc. X'</b>	<b>Ord. Y'</b>											
n.	cm	cm											
1	0,0	0,0											

**Elemento: 677 - Palo singolo - Tipologia pali: trivellati**

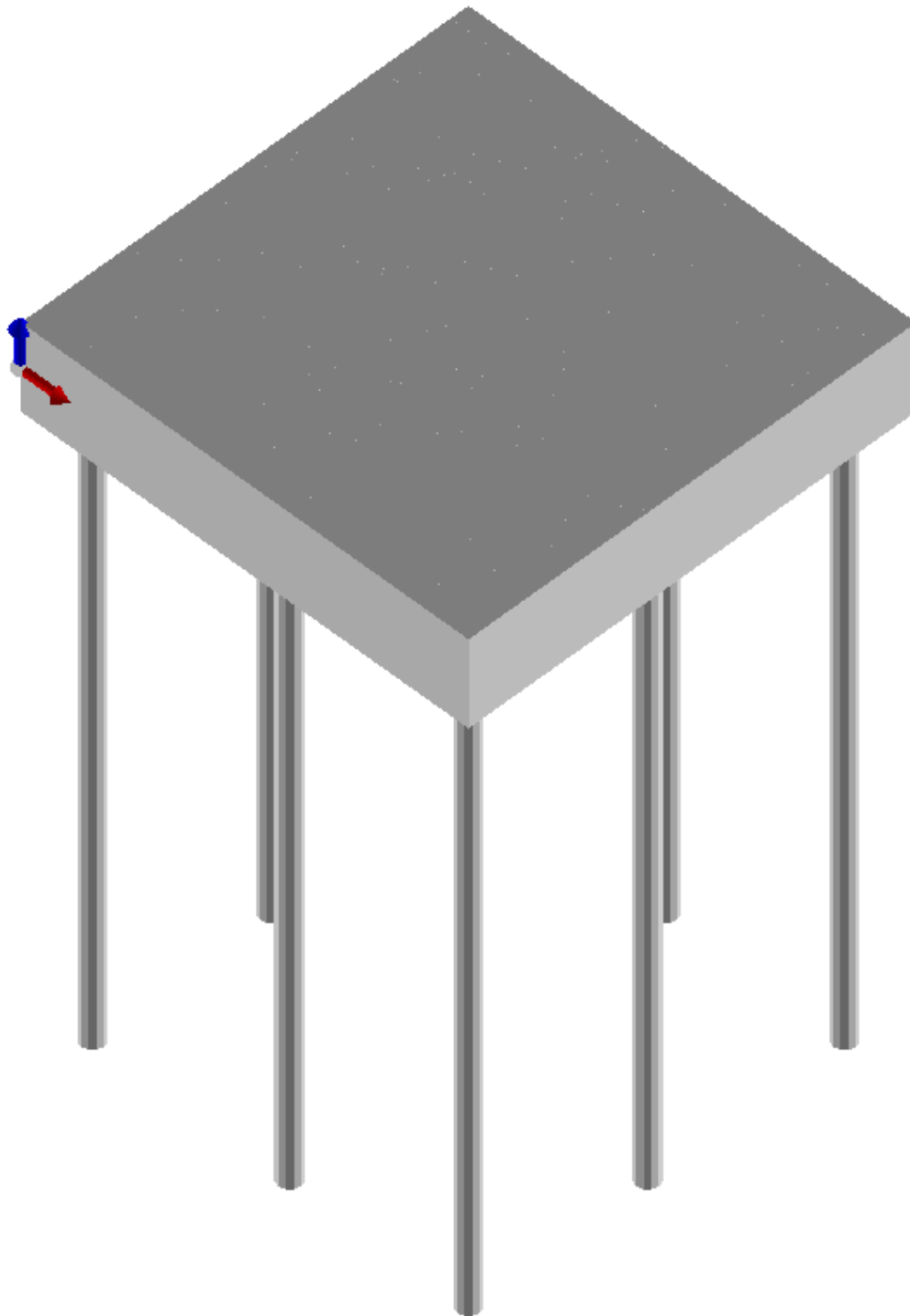
X elem.	Y elem.	Prof.	Base	Lungh.	Altez.	Rot.	Grup.ap.	Ind.strat.					
cm	cm	cm	cm	cm	cm	Gradi°	n.	n.					
1040,0	960,0	0,0	200,0	200,0	0,0	0,00	677	001					
Dia. P.	Lun. P.	Lun. L.	Dist.P.	In. Px	In. Py	Dia. B.	Lun. B.	E.C.V.	E.C.C.	E.C.T.	Svin.testa	Vin.piede	
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm				codice	codice	
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	
<b>Palo</b>	<b>Asc. X'</b>	<b>Ord. Y'</b>											
n.	cm	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	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>	Pagina 31 di 45
---	-----------------------------	-----------------

1 0,0 0,0



**Figura 4 – Modello nodale platea di fondazione**



*Figura 5 – Modello solido platea con pali di fondazione*



Committente: <b>Wind Energy Apricena Srl</b> Via Caravaggio, 125 Pescara (PE)	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO NEL COMUNE DI APRICENA IN LOCALITA' TRIFONE- SERRILLO	Nome del file: <b>APR-CIV-REL-026_02</b>
--	--	---

## 8.7. Valori di calcolo della portanza per fondazioni profonde

### Elemento: 126 - Palo singolo

$N_q = 7.243$ ,  $\sigma_{punta} = 6.045$ ,  $\phi = 20.0$ ,  $N_c = 17.153$ ,  $c_{punta} = 0.330$

Port. lat. = 968859.9 daN, Port. punta = 388334.4 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	71	0.000	0.000	-512900.0	-605884.5	0,847	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
001	SLU STR	No	-512900.0	515.0	-519.4	-279200.0	-278300.0

### Elemento: 136 - Palo singolo

$N_q = 7.243$ ,  $\sigma_{punta} = 6.045$ ,  $\phi = 20.0$ ,  $N_c = 17.153$ ,  $c_{punta} = 0.330$

Port. lat. = 968859.9 daN, Port. punta = 388334.4 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	71	0.000	0.000	-541700.0	-605884.5	0,894	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
001	SLU STR	No	-541700.0	396.5	-58.7	-90020.0	-229200.0

### Elemento: 147 - Palo singolo

$N_q = 7.243$ ,  $\sigma_{punta} = 6.045$ ,  $\phi = 20.0$ ,  $N_c = 17.153$ ,  $c_{punta} = 0.330$

Port. lat. = 968859.9 daN, Port. punta = 388334.4 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	71	0.000	0.000	-542900.0	-605884.5	0,896	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
001	SLU STR	No	-542900.0	524.9	552.0	160700.0	-281400.0

Committente: <b>Wind Energy Apricena Srl</b> Via Caravaggio, 125 Pescara (PE)	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO NEL COMUNE DI APRICENA IN LOCALITA' TRIFONE- SERRILLO	Nome del file: <b>APR-CIV-REL-026_02</b>
--	--	---

**Elemento: 366 - Palo singolo**

$N_q = 7.243$ ,  $\sigma_{punta} = 6.045$ ,  $\phi = 20.0$ ,  $N_c = 17.153$ ,  $c_{punta} = 0.330$   
 Port. lat. = 968859.9 daN, Port. punta = 388334.4 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	71	0.000	0.000	-541700.0	-605884.5	0,894	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
001	SLU STR	No	-541700.0	54.3	-396.6	-229200.0	-89080.0

**Elemento: 376 - Palo singolo**

$N_q = 7.243$ ,  $\sigma_{punta} = 6.045$ ,  $\phi = 20.0$ ,  $N_c = 17.153$ ,  $c_{punta} = 0.330$   
 Port. lat. = 968859.9 daN, Port. punta = 388334.4 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	71	0.000	0.000	-564300.0	-605884.5	0,931	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
001	SLU STR	No	-564300.0	48.1	-48.3	-86160.0	-86130.0

**Elemento: 387 - Palo singolo**

$N_q = 7.243$ ,  $\sigma_{punta} = 6.045$ ,  $\phi = 20.0$ ,  $N_c = 17.153$ ,  $c_{punta} = 0.330$   
 Port. lat. = 968859.9 daN, Port. punta = 388334.4 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	71	0.000	0.000	-571900.0	-605884.5	0,944	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
001	SLU STR	No	-571900.0	60.7	422.9	107300.0	-90840.0

Committente: <b>Wind Energy Apricena Srl</b> Via Caravaggio, 125 Pescara (PE)	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO NEL COMUNE DI APRICENA IN LOCALITA' TRIFONE- SERRILLO	Nome del file: <b>APR-CIV-REL-026_02</b>
--	--	---

**Elemento: 630 - Palo singolo**

$N_q = 7.243$ ,  $\sigma_{punta} = 6.045$ ,  $\phi = 20.0$ ,  $N_c = 17.153$ ,  $c_{punta} = 0.330$   
 Port. lat. = 968859.9 daN, Port. punta = 388334.4 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	71	0.000	0.000	-542900.0	-605884.5	0,896	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
001	SLU STR	No	-542900.0	-556.5	-520.3	-280500.0	161700.0

**Elemento: 640 - Palo singolo**

$N_q = 7.243$ ,  $\sigma_{punta} = 6.045$ ,  $\phi = 20.0$ ,  $N_c = 17.153$ ,  $c_{punta} = 0.330$   
 Port. lat. = 968859.9 daN, Port. punta = 388334.4 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	71	0.000	0.000	-571900.0	-605884.5	0,944	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
001	SLU STR	No	-571900.0	-423.0	-56.1	-89870.0	107300.0

**Elemento: 651 - Palo singolo**

$N_q = 7.243$ ,  $\sigma_{punta} = 6.045$ ,  $\phi = 20.0$ ,  $N_c = 17.153$ ,  $c_{punta} = 0.330$   
 Port. lat. = 968859.9 daN, Port. punta = 388334.4 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	71	0.000	0.000	-573100.0	-605884.5	0,946	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
001	SLU STR	No	-573100.0	-554.4	559.0	162700.0	161700.0

**Elemento: 677 - Palo singolo**

$N_q = 7.317$ ,  $\sigma_{punta} = 5.850$ ,  $\phi = 20.0$ ,  $N_c = 17.355$ ,  $c_{punta} = 0.330$

Port. lat. = 921329.9 daN, Port. punta = 381157.1 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	71	0.000	0.000	-556700.0	-578445.1	0,962	Ok

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
001	SLU STR	No	-556700.0	-65.6	65.5	-50910.0	-50890.0

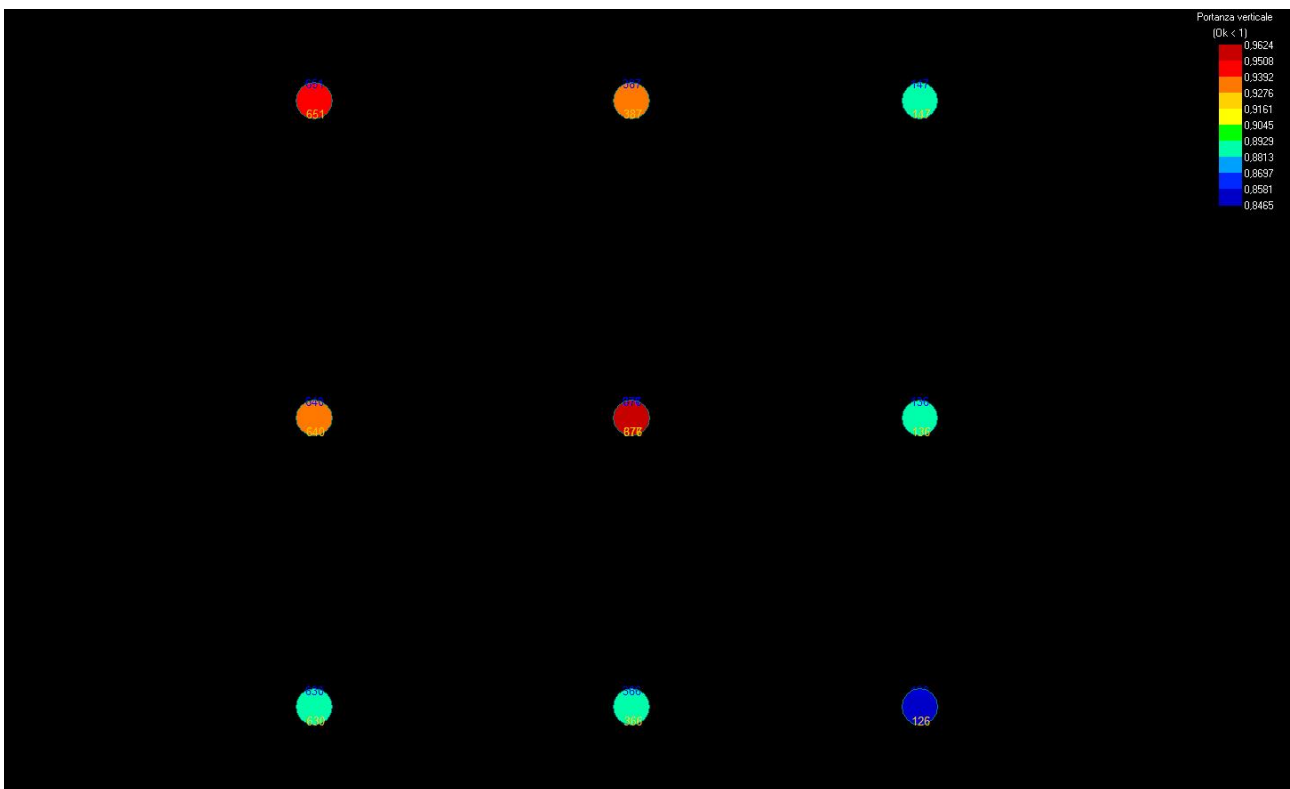


Figura 6 – Portanza massima

Committente: <b>Wind Energy Apricena Srl</b> Via Caravaggio, 125 Pescara (PE)	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO NEL COMUNE DI APRICENA IN LOCALITA' TRIFONE- SERRILLO	Nome del file: <b>APR-CIV-REL-026_02</b>
--	--	---

## 8.8. Valori di calcolo dei cedimenti per fondazioni profonde

### Elemento: 126 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	cm	cm	daN	cm
068 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-394600.0	0.072

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
068	SLE rare	No	-394600.0	396.2	-399.6	-214800.0	-214000.0

### Elemento: 136 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	cm	cm	daN	cm
068 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-416700.0	0.076

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
068	SLE rare	No	-416700.0	305.0	-45.1	-69250.0	-176300.0

### Elemento: 147 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	cm	cm	daN	cm
068 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-417600.0	0.076

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
068	SLE rare	No	-417600.0	403.8	424.7	123600.0	-216500.0

### Elemento: 366 - Palo singolo

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	cm	cm	daN	cm
068 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-416700.0	0.076

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
068	SLE rare	No	-416700.0	41.7	-305.1	-176300.0	-68530.0

Committente: <b>Wind Energy Apricena Srl</b> Via Caravaggio, 125 Pescara (PE)	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO NEL COMUNE DI APRICENA IN LOCALITA' TRIFONE- SERRILLO	Nome del file: <b>APR-CIV-REL-026_02</b>
--	--	---

**Elemento: 376 - Palo singolo**

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	cm	cm	daN	cm
068 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-434100.0	0.079

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
068	SLE rare	No	-434100.0	37.0	-37.1	-66280.0	-66260.0

**Elemento: 387 - Palo singolo**

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	cm	cm	daN	cm
068 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-440000.0	0.080

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
068	SLE rare	No	-440000.0	46.7	325.3	82510.0	-69880.0

**Elemento: 630 - Palo singolo**

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	cm	cm	daN	cm
068 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-417600.0	0.076

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
068	SLE rare	No	-417600.0	-428.0	-400.3	-215700.0	124300.0

**Elemento: 640 - Palo singolo**

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	cm	cm	daN	cm
068 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-440000.0	0.080

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
068	SLE rare	No	-440000.0	-325.4	-43.2	-69130.0	82540.0

**Elemento: 651 - Palo singolo**

Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	cm	cm	daN	cm
068 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-440800.0	0.080

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	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	<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>	Pagina 39 di 45
---	-----------------------------	-----------------

Committente: <b>Wind Energy Apricena Srl</b> Via Caravaggio, 125 Pescara (PE)	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO NEL COMUNE DI APRICENA IN LOCALITA' TRIFONE- SERRILLO	Nome del file: <b>APR-CIV-REL-026_02</b>
--	--	---

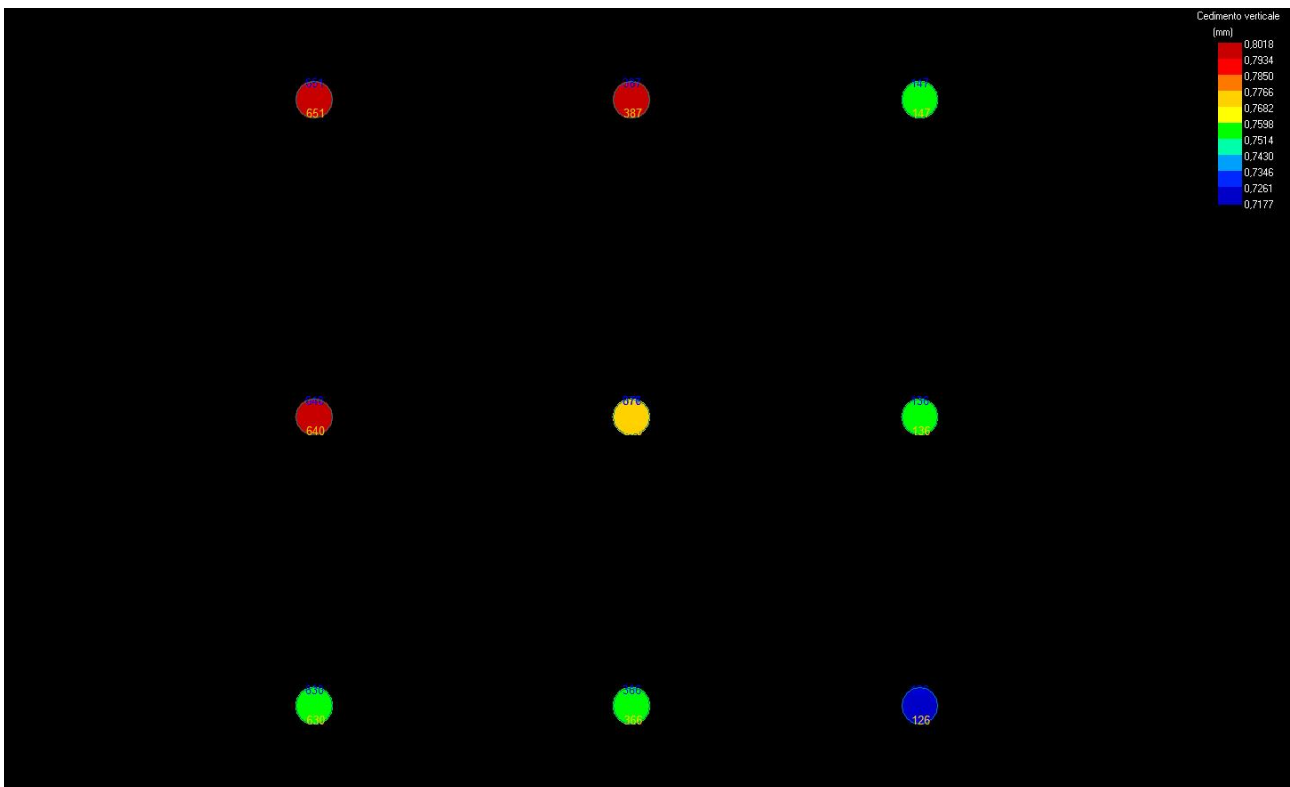
068 SLE rare No -440800.0 -426.5 430.0 125100.0 124400.0

**Elemento: 677 - Palo singolo**

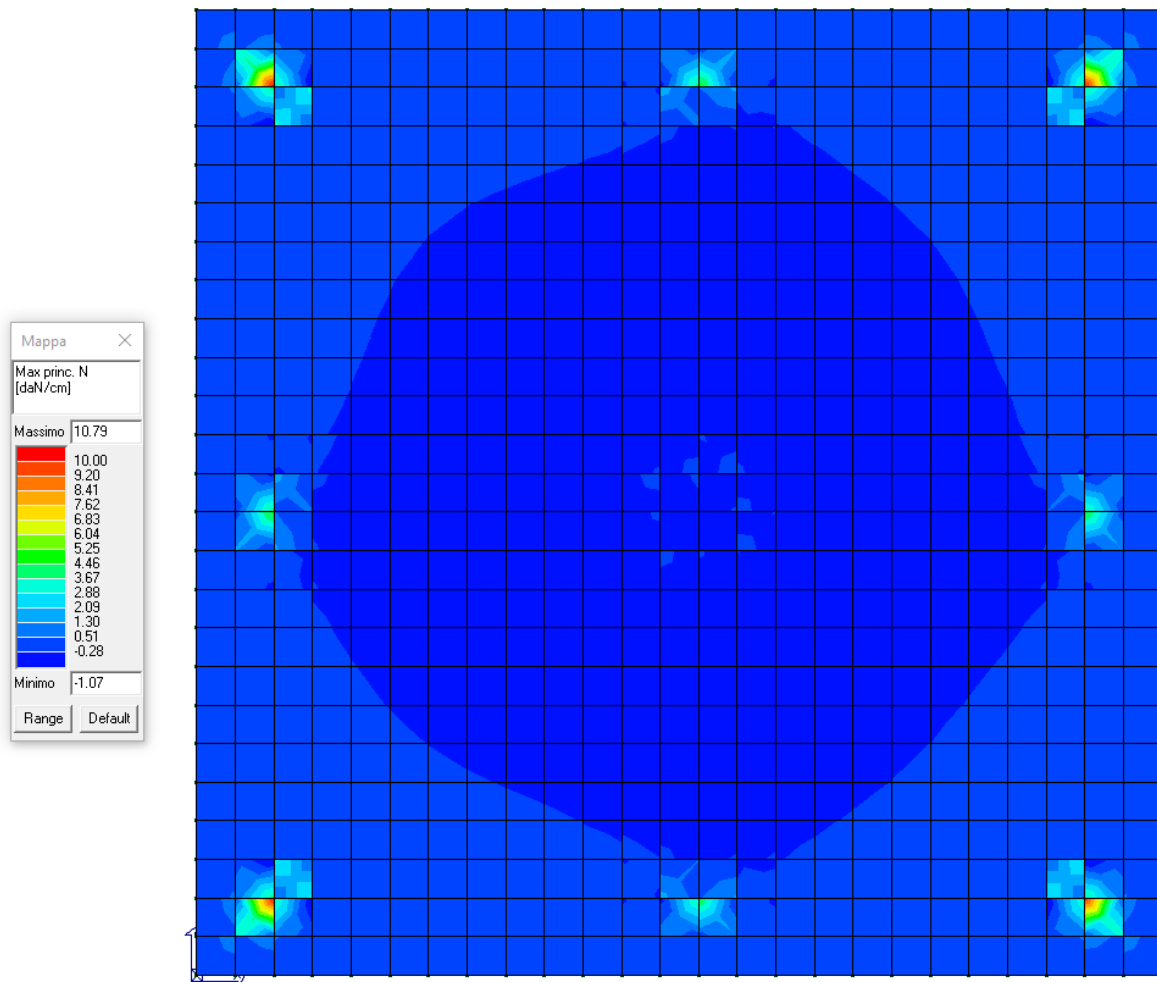
Cmb. (Tipo)	Palo	coord.X	coord.Y	N	Ced.Vert
n.	n.	cm	cm	daN	cm
068 (SLE rare)	1	0.000	0.000	-428200.0	0.078

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	N	Tx	Ty	Mx	My
n.			daN	daN	daN	daN cm	daN cm
068	SLE rare	No	-428200.0	-50.5	50.4	-39160.0	-39140.0



*Figura 7 – Cedimenti massimi*



*Figura 8 – Von Mises: Max princ. N (daN/cm)*



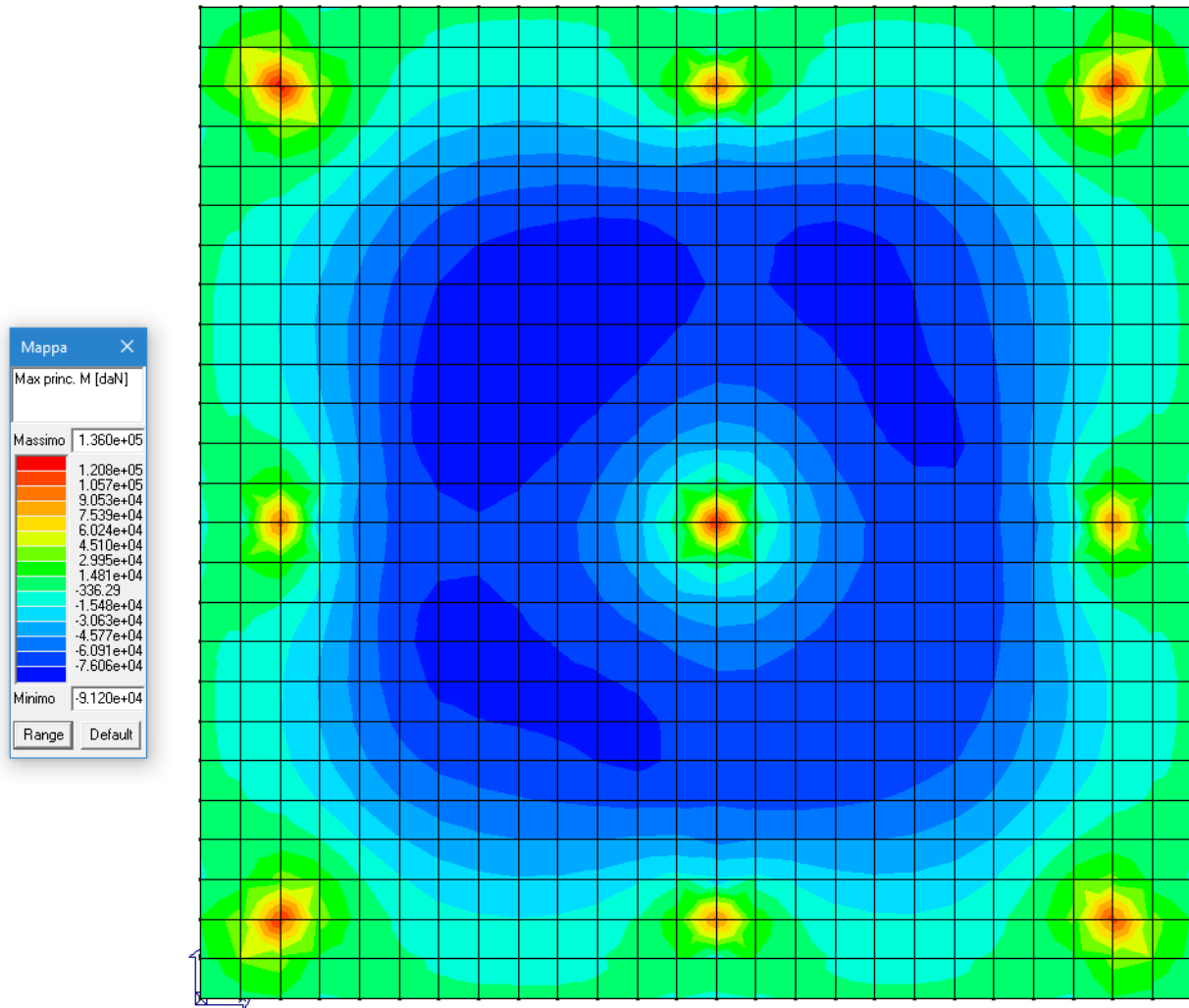
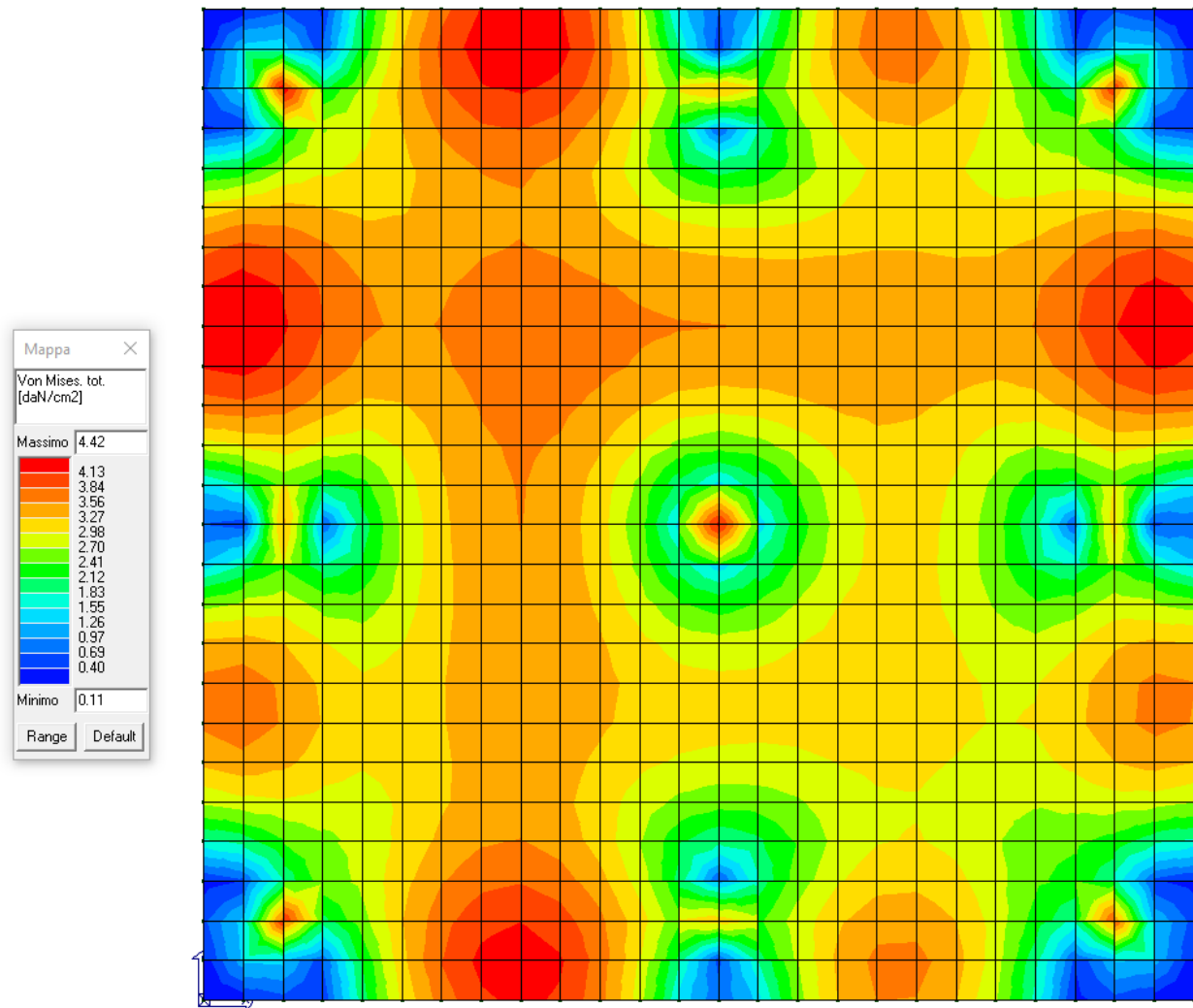


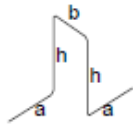
Figura 9 – Von Mises: Max princ. M (daN)



*Figura 10 – Von Mises (daN/cm<sup>2</sup>)*

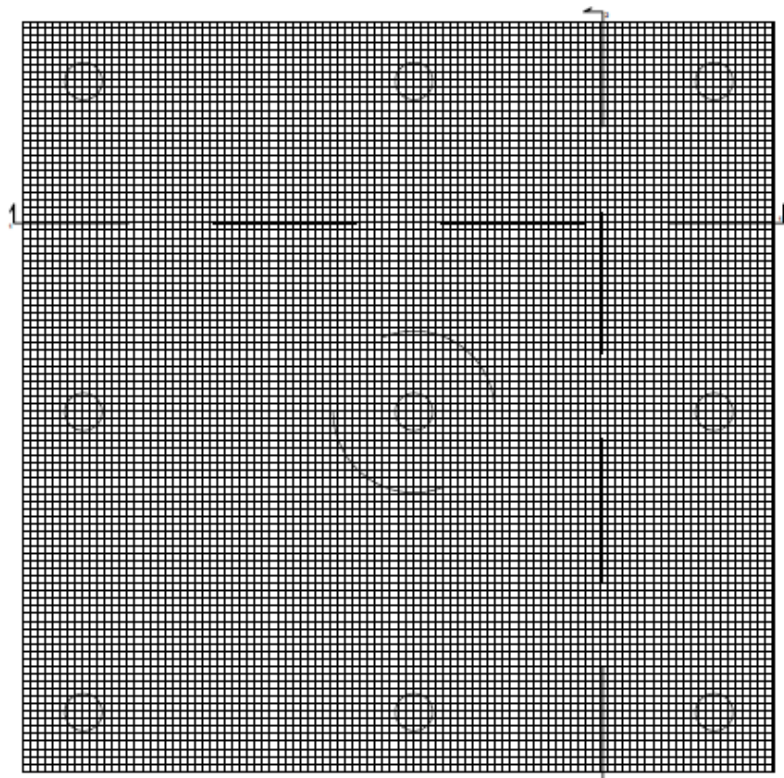
Particolare costruttivo della platea di fondazione

Armatura diffusa lato superiore



Assonometria cavalletti distanziatori Ø 12  
a=24 cm, b=18cm, h=304 cm  
4 per mq, (1/50 dir.1, 1/50 dir.2)

Armatura diffusa lato inferiore



Armatura a taglio

Armatura per punzonamento (misure in mm):

$N \times \text{ØD} - L / n$  (d1+d2)

N - numero complessivo di listelli

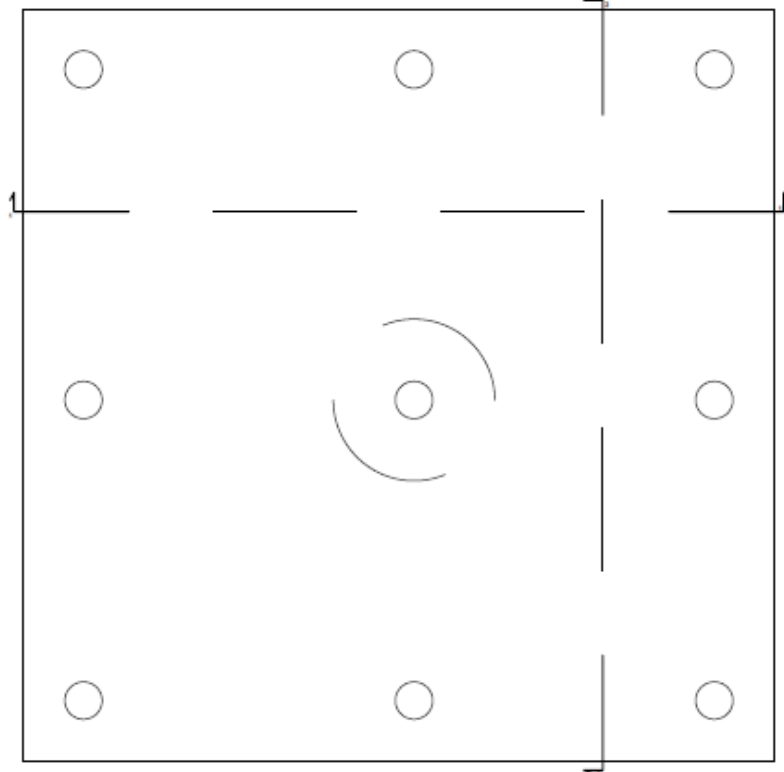
D - diametro dei pioli con testa a martello

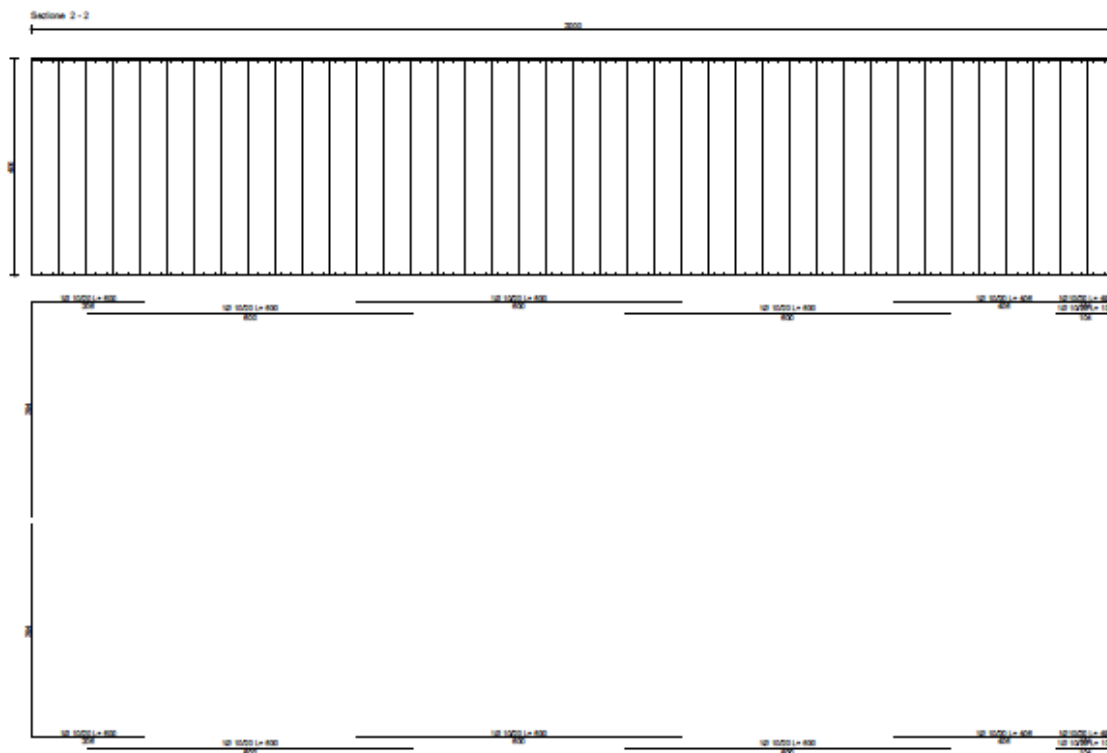
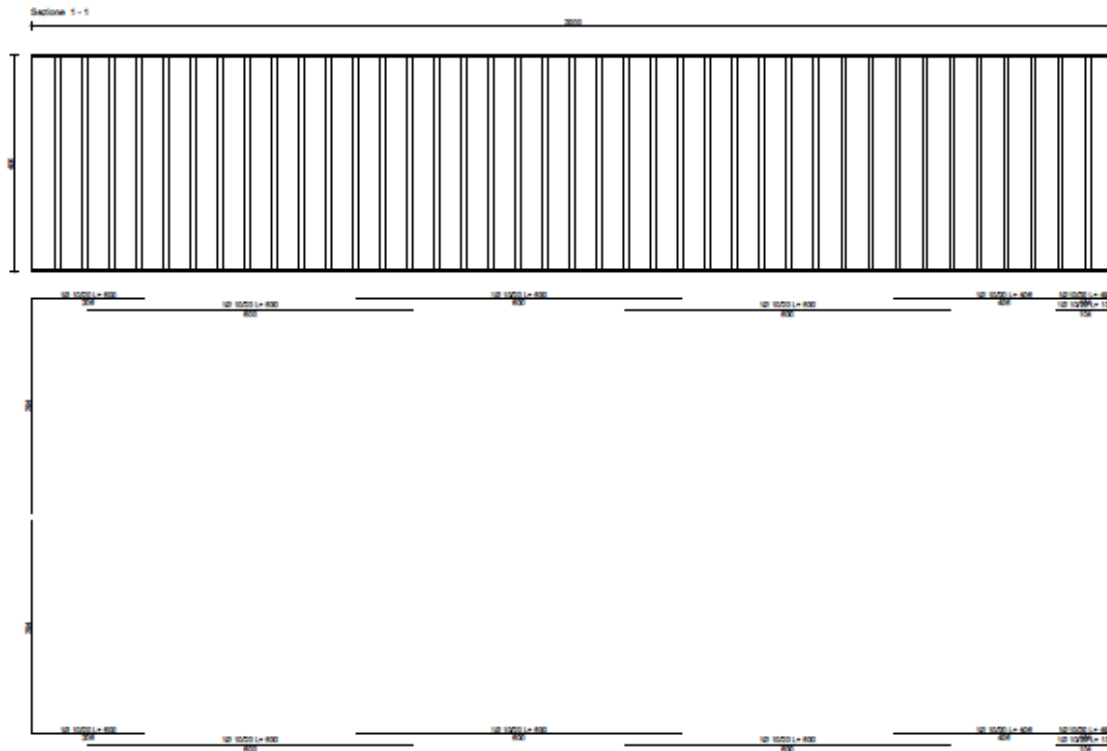
L - lunghezza dei pioli

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





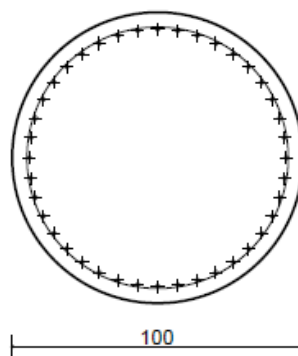
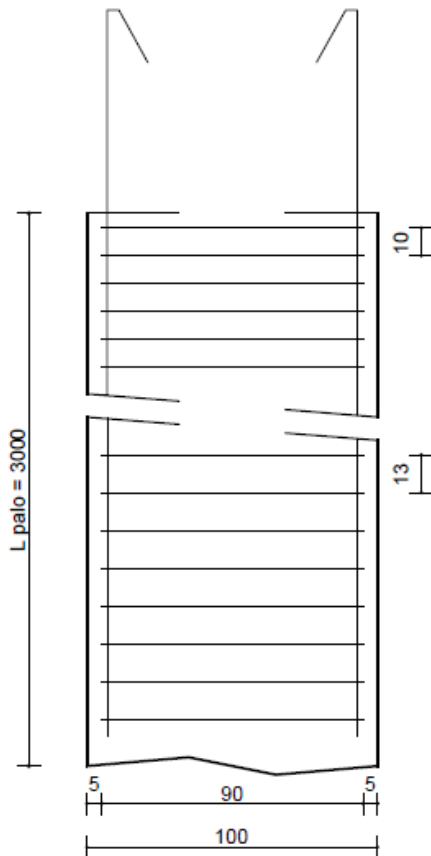
Particolare costruttivo del palo di fondazione

**PALO TIPO**

Pos.	Num.	D.(mm)	L (cm)	Peso (kg)
1	1	Ø 8	68905	271,9
2	17	Ø 16	3080	826,4
3	23	Ø 16	1088	395,0

Peso acciaio pali = 1493,3 kg

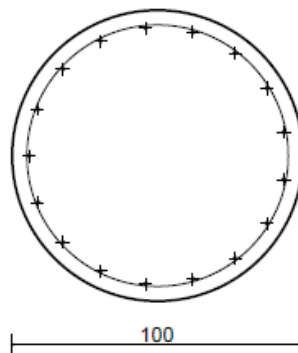
Volume calcestruzzo pali = 23,6 mc



Sezione palo da:

quota 0,0 a quota -1000,0

- ① St. circolari Ø8 / 9.6, L = 331
- ② 17Ø16 L = 3080
- ③ 23Ø16 L = 1090



Sezione palo da:

quota -1000,0 a quota -3000,0

- ① St. circolari Ø8 / 13, L = 331
- ② 17Ø16 L = 3080