

RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

REALIZZAZIONE IMPIANTO EOLICO "CRAVAREZZA"
 COMUNI CALICE LIGURE MALLARE ORCO FEGLINO E ALTARE (SV)
PROGETTO DEFINITIVO

PROPONENTE:

REPOWER
 L'energia che ti serve.

PROGETTAZIONE:



Hydro Engineering s.s.
 di Damiano e Mariano Galbo
 via Rossotti, 39
 91011 Alcamo (TP) Italy



N°COMMESSA:
1454

PARCO EOLICO "CRAVAREZZA"
REGIONE LIGURIA- PROVINCIA DI SAVONA
COMUNI DI CALICE LIGURE (PARCO EOLICO), MALLARE (PARCO EOLICO CAVIDOTTI E SSEE)
ORCO FEGLINO E ALTARE (CAVIDOTTI)
PROGETTO DEFINITIVO

ELABORATO: Relazione Geotecnica e Sismica

CODICE ELABORATO

1454_R4

NOME FILE:

1454_R4_Relazione geotecnica e sismica.doc

0	11/2021	1° Emissione	GP	VF	EG
REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	REDATTO	VERIFICA	APPROVATO

CARTIGLIO REV.00

COPYRIGHT REPOWER RENEWABLE S.p.a. TUTTI I DIRITTI SONO RISERVATI A NORMA DI LEGGE

INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	DESCRIZIONE DELL'OPERA DI FONDAZIONE	4
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	6
4	INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	7
5	INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE	8
6	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	10
7	CAMPAGNA GEOGNOSTICA PREGRESSA	11
8	MODELLO GEOLOGICO STRATIGRAFICO PRELIMINARE	15
9	ELEMENTI DI RIFERIMENTO A SUPPORTO DELLA PROGETTAZIONE GEOTECNICA	16
10	CARICHI AGENTI.....	21
11	FONDAZIONI DI TIPO INDIRETTO: VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI TIPO GEOTECNICO.....	25
11.1	GENERALITA'	25
11.2	CARICO LIMITE DEI PALI DI FONDAZIONE GENERALITA'	25
11.3	CALCOLO TENSIONI E CEDIMENTI.....	27
11.4	CAPACITÀ PORTANTE PER CARICO ORIZZONTALE	28
11.5	TABULATO DI CALCOLO VERIFICHE GEOTECNICHE	29
12	CONCLUSIONI.....	42

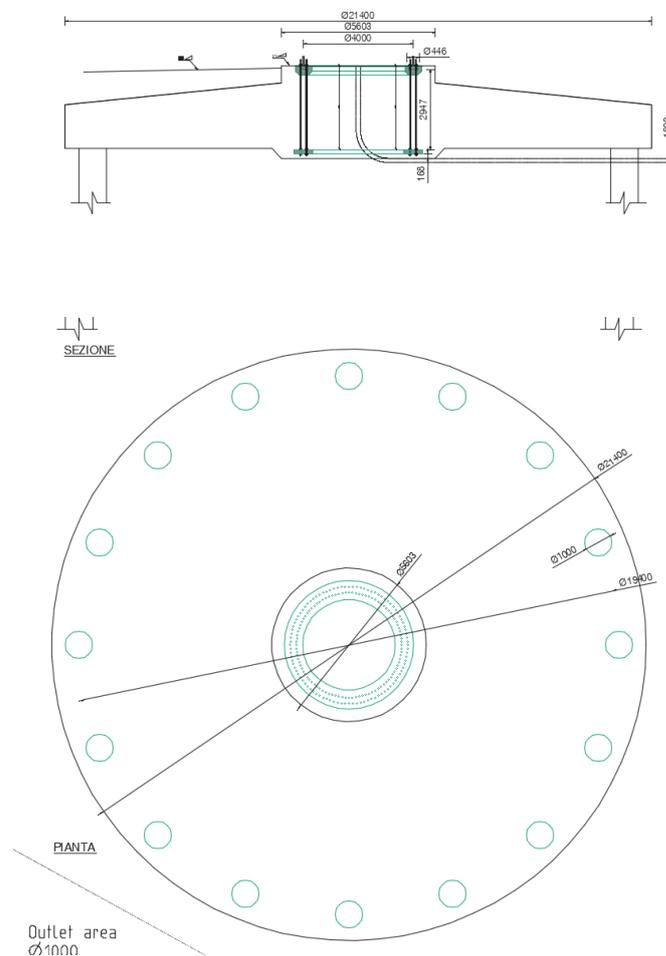
1 PREMESSA

Il presente documento si propone di descrivere la caratterizzazione geotecnica e sismica dei siti in oggetto e di riportare le verifiche geotecniche relative alla realizzazione delle fondazioni dell'aerogeneratore.

Le caratteristiche geologiche e geotecniche dei terreni sono state desunte dallo studio geologico allegato al presente progetto.

2 DESCRIZIONE DELL'OPERA DI FONDAZIONE

Nel presente progetto si prevede la realizzazione di opere di fondazione del tipo indiretto in relazione alla stratigrafia locale del terreno. La fondazione indiretta sarà costituita da un plinto circolare, avente diametro pari a 21,40 m, posto su 16 pali di diametro $\Phi 1000$ e lunghezza pari a 25,00 m. La piastra di fondazione avrà forma in pianta circolare e sezione trapezia con altezza al bordo pari a 1,60 m e in corrispondenza della parte centrale pari a 2,40 m, a cui si aggiungono altri 65 cm di colletto.



All'interno del plinto di fondazione sarà annegata una gabbia di ancoraggio metallica cilindrica dotata di una piastra superiore di ripartizione dei carichi ed una piastra inferiore

di ancoraggio. Entrambe le piastre sono dotate di due serie concentriche di fori che consentiranno il passaggio di barre filettate ad alta resistenza che, tramite dadi, garantiscono il corretto collegamento delle due piastre. A tergo dei lati del manufatto dovrà essere realizzato uno strato di drenaggio dello spessore di 160 cm, munito di tubazione di drenaggio forata per l'allontanamento delle acque dalla fondazione.

3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo e progettazione è la normativa tecnica nazionale in vigore: "Norme Tecniche per le Costruzioni", D.M. 17/01/2018.

Si farà, inoltre, riferimento alle seguenti normative:

- Legge n. 1086 del 05.11.1971 "Norme per la disciplina delle opere in c.a. normale e precompresso, ed a struttura metallica";
- Legge n. 64 del 02.02.1974 – "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".
- IEC 60400-1 "Wind Turbine safety and design";
- Eurocodice 2 "Design of concrete structures".
- Eurocodice 3 "Design of steel structures".
- Eurocodice 4 "Design of composite steel and concrete structures".
- Eurocodice 7 "Geotechnical design".
- Eurocodice 8 "Design of structures for earthquake resistance".

4 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il progetto definitivo dell'impianto eolico denominato "Cravarezza" è composto da sette aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 4,30 MW, per una potenza complessiva di 30,1 MW, ubicato nel Comune di Calice Ligure in Provincia di Savona.

Il modello tipo di aerogeneratore scelto avrà come detto potenza nominale di 4,3 MW con altezza mozzo pari a 115 m, diametro rotore pari a 136 m e altezza massima al top della pala pari a 180 m. Questa tipologia di aerogeneratore è allo stato attuale quella ritenuta più idonea per il sito di progetto dell'impianto.

L'area interessata dal posizionamento degli aerogeneratori ricade nelle contrade Piano dei Corsi (F01-F02-F03-F04), Bric del Borro (F05), Bric del Pino (F06) e Colla del Pino (F07) nel Comune di Calice Ligure (SV).

5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

Tratto dallo studio geologico:

“L'intero assetto geologico e stratigrafico delle aree interessate dalle turbine deve essere ricondotto alla presenza del cosiddetto Tegumento Permo-Carbonifero cioè a quell'insieme di terreni che si interpongono tra il basamento cristallino e le rocce sedimentarie della copertura mesozoica e che costituisce la porzione di gran lunga più estesa degli attuali affioramenti di pertinenza brianzonese ligure. Si tratta di terreni di età compresa tra il Carbonifero superiore ed il Permiano superiore di origine in gran parte vulcanica ed in parte sedimentaria continentale.

L'intero ciclo vulcanico, a carattere calcacalino, è stato interpretato come dovuto a fusioni principalmente di settori di crosta continentale conseguenti ad importanti ispessimenti crostali realizzati durante l'evento ercinico.

Le rocce presenti nelle zone oggetto di intervento sono riconducibili alla formazione vulcanica nota come Porfiroidi del Melogno. Si tratta della principale manifestazione dell'intero ciclo vulcanico che caratterizza la messa in posto del Tegumento. L'episodio, associato ad una tettonica fragile tardiva della fase asturiana, porta ad imponenti effusioni (valutato in 5×10^3 Km³ nel solo settore brianzonese ligure) a carattere eminentemente ignimbrítico e composizione da riolitica a riodacitica con subordinati prodotti lavici da riodacitici a dacitici.

Nella stratigrafia di queste vulcaniti sono state distinte varie litozone relativamente omogenee e che si succedono con sufficiente regolarità nell'intero areale brianzonese ligure: queste litozone possono corrispondere a successive fasi evolutive dell'attività vulcanica [1] [2] [3] [4] [5] [6].

In particolare, come analisi petrografia pregresse di dettaglio hanno evidenziato, le rocce analizzate ed appartenenti a carote estratte durante sondaggi eseguiti in zona, appartengono alla Litozona C.

Si tratta di metaignimbriti, ovvero di termini metariolitici calcacalini che si presentano talvolta in ammassi con tessiture a fiamma, localmente preponderanti; più spesso risultano privi di tessiture primarie riconoscibili. Questi litotipi, molto scistosi, derivano probabilmente da prodotti piroclastici e in qualche caso presentano indizi di rimaneggiamento sedimentario.

Di particolare interesse risulta l'analisi petrografia microscopica effettuata sulle 3 principali fasi deformative alpine (S1, S2 ed

S3) che fornisce interessanti elementi di valutazione in ordine agli orizzonti di debolezza meccanica presenti nella roccia.

Da un punto di vista strettamente comportamentale ovvero geomeccanico i litotipi presenti sono infatti caratterizzati da una evidente scistosità e da fenomeni di fratturazione che tendono a disarticolare completamente l'ammasso predisponendolo quindi a fenomeni anche molto spinti di alterazione.

Il substrato roccioso che risulta spesso affiorante è quasi costantemente associato ad una fascia di alterazione sommitale (cappellaccio di alterazione) caratterizzato da potenze localmente variabili e da un passaggio sfumato verso i termini più competenti dell'ammasso stesso. In questo orizzonte è possibile riconoscere la struttura originaria della roccia madre, sebbene il materiale per caratteristiche meccaniche possa essere sostanzialmente assimilato ad un vero e proprio suolo.

Da rilevamenti di superficie ed in sintonia con tutti i dati riferibili alle campagne geognostiche pregresse, si può constatare come le coperture eluvio-colluviali siano poco significative, se non addirittura assenti e, comunque caratterizzate da materiale sabbioso-limoso di scarsa plasticità proveniente dall'alterazione chimico-fisica della roccia del substrato."

6 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Tratto dallo studio geologico:

“La circolazione idrica del sottosuolo è condizionata dalla natura dei terreni presenti nel sito.

Le rocce che caratterizzano il substrato sono da considerarsi sostanzialmente impermeabili e, solo in corrispondenza di eventuali termini più massivi e relativamente poco alterati, è possibile parlare di rocce semiimpermeabili per fratturazione.

In effetti laddove il substrato roccioso risulti effettivamente più competente e le superfici delle discontinuità pulite e poco alterate le acque hanno possibilità di mobilitazione. Questo è stato verificato nel corso dell'esecuzione del sondaggio meccanico S2 (campagna 2004) con perdita totale di acqua di circolazione da una quota di -2.80 m fino a fondo foro e valutata in circa 30 l/min.

In realtà, considerando la spiccata predisposizione al degrado ed all'alterazione di queste rocce, anche l'eventuale circolazione idrica lungo frattura è da considerarsi, comunque, fenomeno tendenzialmente limitato. I materiali di alterazione a matrice fine tendono infatti a tamponare tale circolazione ed impedire lo sviluppo di un vero reticolo sotterraneo.

Oltre a ciò si deve considerare la particolare posizione dei siti di imposta proposti. Essi infatti si trovano in prossimità del culmine del versante ad una quota intorno ai 1000 metri sul livello medio marino, escludendo di fatto la presenza di una vera e propria falda acquifera.

Per quanto riguarda la copertura detritica eluviale a componente medio-fine, questa risulta dotata di bassa permeabilità per porosità.

Sostanzialmente, quindi, nel terreno detritico di copertura il flusso idrico risulta inapprezzabile.

Le ridotte circolazioni idriche presenti nel terreno di copertura sono riconducibili ad uno schema di flusso limitato che si realizza lungo orizzonti ben determinati discontinui spesso isolati e comunque in stretta connessione con gli apporti meteorici.

In ordine alla circolazione delle acque superficiali questa è caratterizzata da un limitato deflusso superficiale non incanalato. Siamo infatti in quella porzione alta di versante caratterizzata dal cosiddetto reticolo di ordine zero, nel quale non si rilevano elementi di morfologia fluviale organizzati che assumono significato invece a quote inferiori.

In questa zona il ruscellamento superficiale è da mettere in relazione ai fenomeni intensi di carattere pluviometrico ed è parzialmente condizionato dalla copertura vegetale presente.”

7 CAMPAGNA GEOGNOSTICA PREGRESSA

Il modello geologico-stratigrafico di seguito proposto deriva, sia dai rilevamenti diretti di campagna, sia dai risultati delle indagini geognostiche eseguite a Pian dei Corsi nel corso del progetto esecutivo per la messa in opera degli attuali aerogeneratori.

Nello specifico fra la fine del 2003 e l'inizio del 2004 si eseguirono n. 2 sondaggi diretti a carotaggio continuo ed una campagna geofisica (profili sismici a rifrazione onde p), oltre ad una serie di prove di laboratorio. In particolare queste ultime sono consistite in: prove di compressione monoassiale (strumentate e non) su campioni di roccia prelevati a diverse profondità nel corso della campagna di sondaggi meccanici;

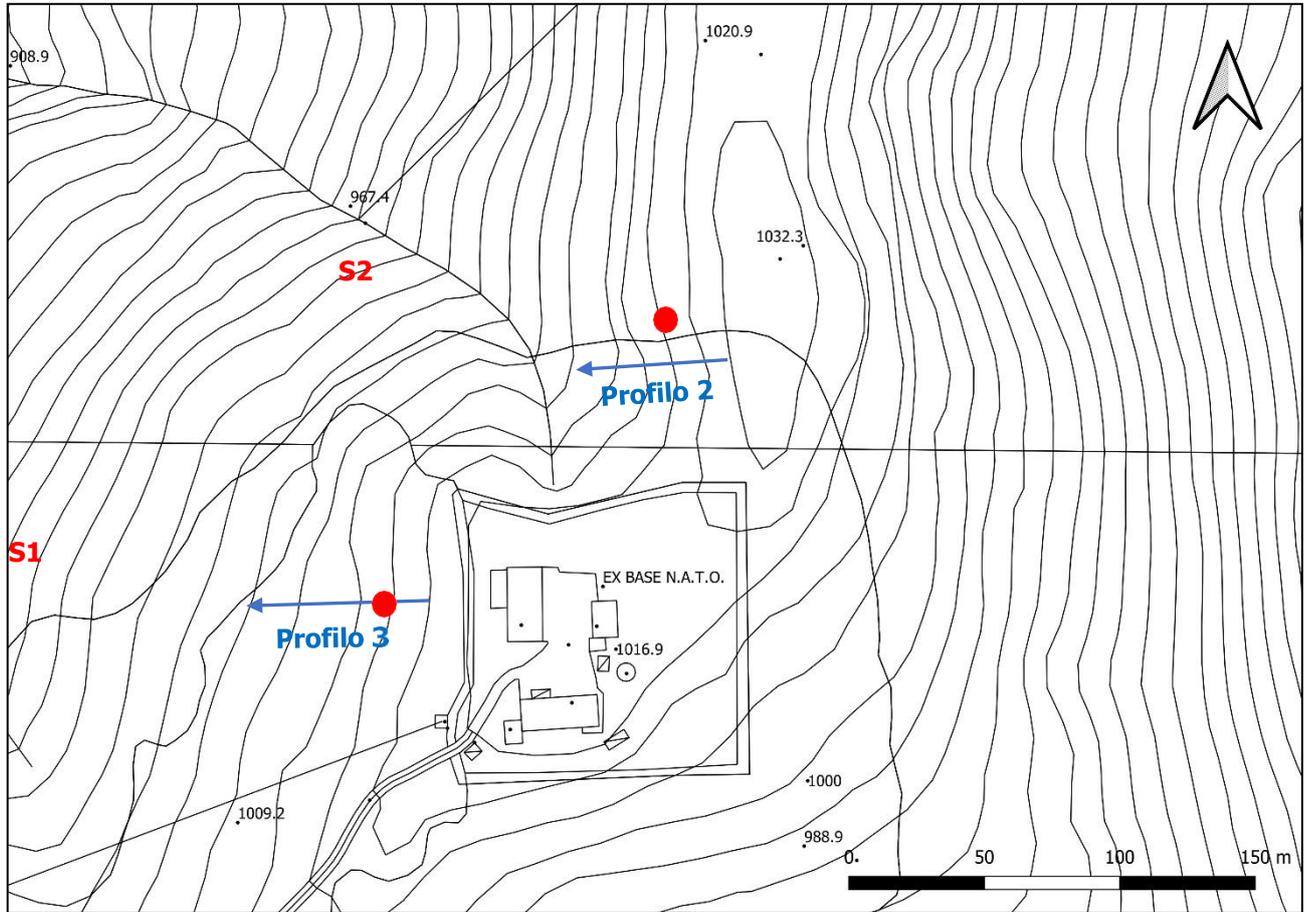
- prove LPT (Load Point Test) su campioni di roccia prelevati a diverse profondità nel corso della campagna di sondaggi meccanici;
- granulometria, proprietà indici e Limiti di Atterberg, prove di taglio diretto, prove triassiali UU su campioni semi-indisturbati relativi alla coltre detritica.

In considerazione della significativa omogeneità litotecnica che contraddistingue l'intera porzione di dorsale tirrenico-padana che da Pian dei Corsi interessata l'intero sviluppo del proponendo progetto, risulta del tutto ragionevole utilizzare i risultati emersi dalla citata campagna geognostica del 2003-2004 per definire il modello geologico-stratigrafico di riferimento ed una prima caratterizzazione geotecnica dei terreni implicati.

Le eventuali verifiche lungo le singole verticali delle turbine saranno oggetto di specifica campagna diagnostica da eseguirsi in fase esecutiva e consentiranno di verificare l'omogeneità e la congruenza con il modello oggi esplicitato. Nella figura seguente è riportata l'ubicazione dei sondaggi (diretti ed indiretti) della citata campagna 2004.

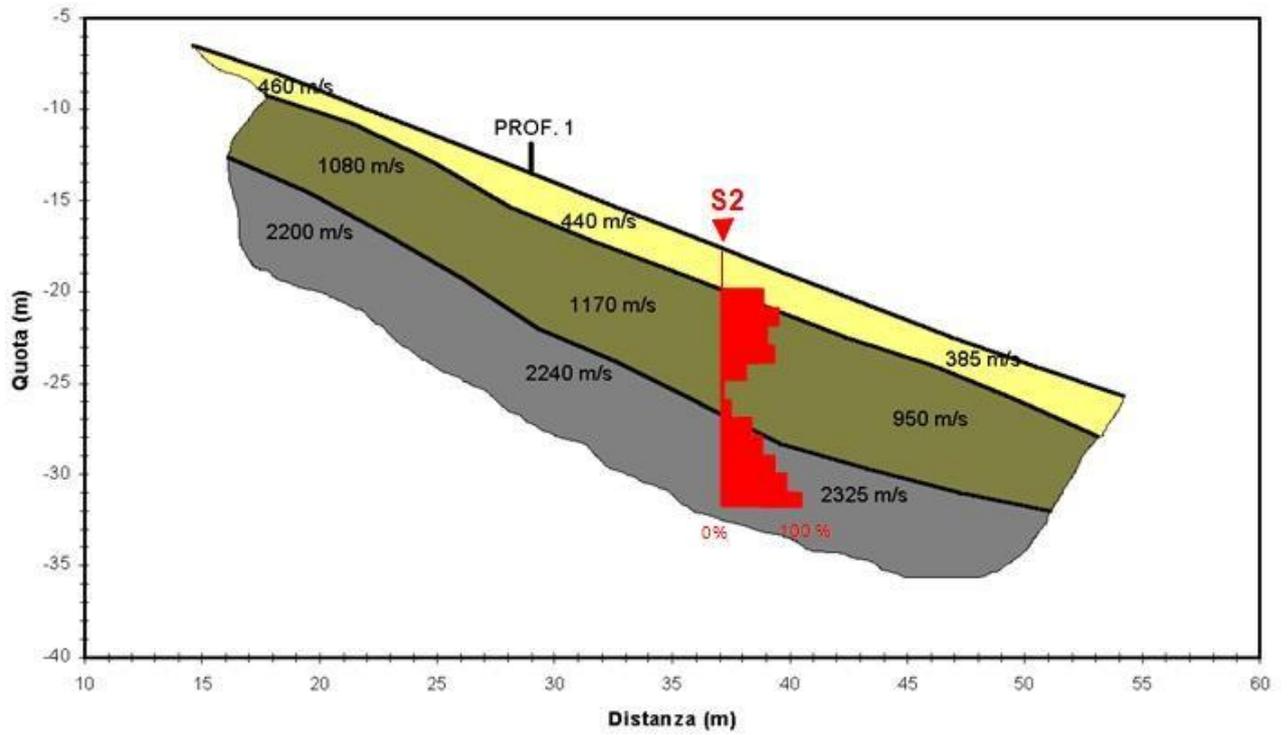
RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

REALIZZAZIONE IMPIANTO EOLICO "CRAVAREZZA"
COMUNI CALICE LIGURE MALLARE ORCO FEGLINO E ALTARE (SV)
PROGETTO DEFINITIVO

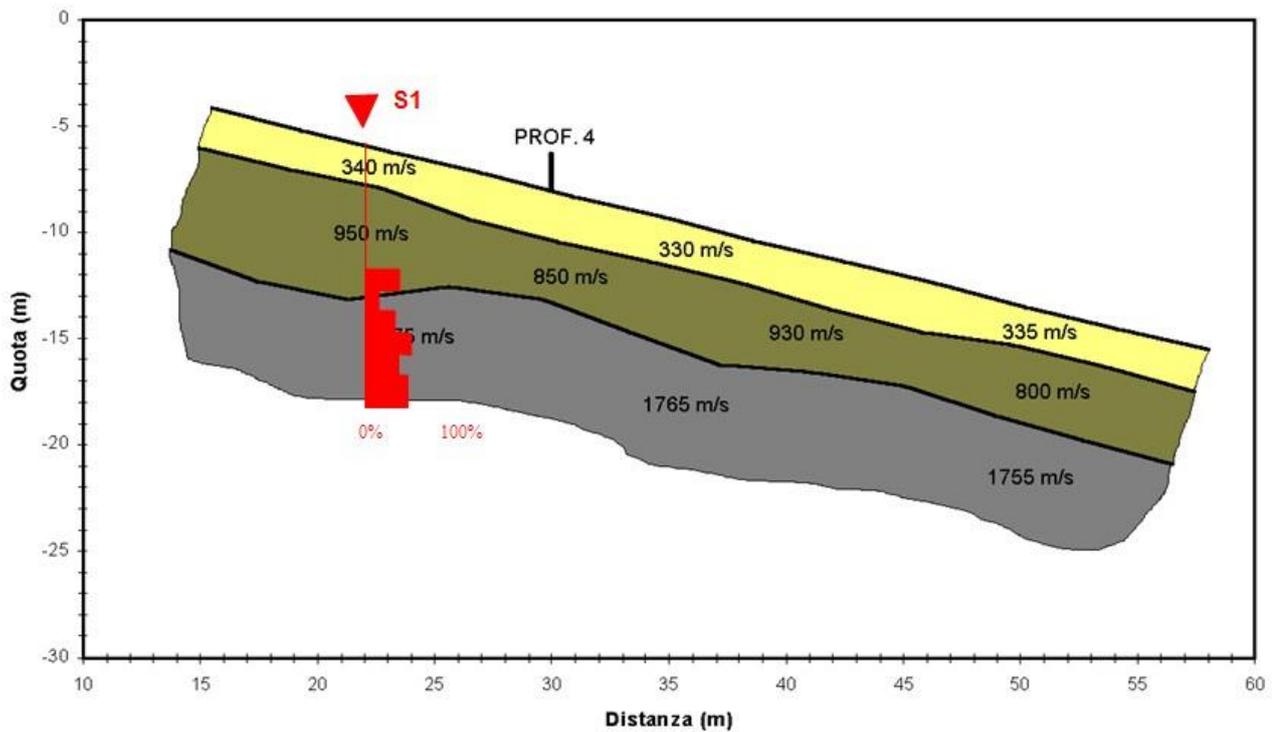


RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

REALIZZAZIONE IMPIANTO EOLICO "CRAVAREZZA"
COMUNI CALICE LIGURE MALLARE ORCO FEGLINO E ALTARE (SV)
PROGETTO DEFINITIVO



Profilo sismico a rifrazione 2



RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

REALIZZAZIONE IMPIANTO EOLICO "CRAVAREZZA"
 COMUNI CALICE LIGURE MALLARE ORCO FEGLINO E ALTARE (SV)
 PROGETTO DEFINITIVO

Sondaggio: **S1**
 Località cantiere: **Pian dei Corsi** Comune: **Calice Ligure (SV)**
 Quota: circa **1.007 m slm**
 Data inizio lavori: **16.12.2003** Data fine lavori: **18.12.2003**
 Committente: **Comune di Calice Ligure**
 Ditta esecutrice: **BORGHI DRILL srl**
 Coordinatore sondaggi: **Francesco Cipolla (Studio Cipolla Sebastiani Geologi Associati)**

Scala 1:100	Profondità (m)	Spessore (m)	Stratigrafia	Descrizione	Rivestimento	Carotiere	Corona	SPT (N _{SPT})	RQD (%)				Falda	Campioni	Cassetta
									20	40	60	80			
1	0,90	0,90		Terreno di natura prevalentemente vegetale di colore marrone scuro, di tipo sabbioso limoso											
2	1,50	0,60		Terreno di natura rilevante di tipo sabbioso limoso, poco plastico, connesso ai prodotti di alterazione del top del substrato roccioso				5 - 9 - 16							
3				Cappelluccio di alterazione del substrato roccioso; il passaggio verso il substrato s.s. è sfumato; il materiale presenta la struttura originaria della roccia madre, ma è geotecnicamente assimilabile ad un suolo		Semplice 0127	Widia								
4	4,00	2,50		Substrato roccioso molto fratturato ed alterato, sbriciolato dalla perforazione eseguita a secco con carotiere semplice				30 - 25 - 40							
5	5,00	1,00				S 0101									
6				Substrato roccioso (metaglimbriti di colore grigio verde fortemente scistose) molto fratturato localmente molto alterato. Tale orizzonte è caratterizzato da numerosi livelli di debolezza che ne condizionano il generale comportamento geomeccanico											
7															
8															
9	8,80	3,80													
10				Substrato roccioso di colore grigio scuro e verde (metaglimbriti) fratturato caratterizzato da notevoli disturbi strutturali, ma con livelli di alterazione via via meno profondi		NTZ 0101	diamante								
11															
12	11,50	3,70													
13															

Sondaggio: **S2**
 Località cantiere: **Pian dei Corsi** Comune: **Calice Ligure (SV)**
 Quota: circa **1.011 m slm**
 Data inizio lavori: **18.12.2003** Data fine lavori: **19.12.2003**
 Committente: **Comune di Calice Ligure**
 Ditta esecutrice: **BORGHI DRILL srl**
 Coordinatore sondaggi: **Francesco Cipolla (Studio Cipolla Sebastiani Geologi Associati)**

Scala 1:100	Profondità (m)	Spessore (m)	Stratigrafia	Descrizione	Rivestimento	Carotiere	Corona	SPT (N _{SPT})	RQD (%)				Falda	Campioni	Cassetta
									20	40	60	80			
1	0,90	0,90		Terreno di natura prevalentemente vegetale misto ad eluvio proveniente dai capricci sottostanti di tipo sabbioso limoso											
2	1,50	0,70		Cappelluccio di alterazione del substrato roccioso; il passaggio verso il substrato s.s. è sfumato											
3	2,20	0,70		Substrato roccioso molto fratturato ed alterato, sbriciolato dalla perforazione eseguita a secco con carotiere semplice		S 0101	Widia								
4				Substrato roccioso di colore grigio scuro e verde (metaglimbriti) fratturato caratterizzato da notevoli disturbi strutturali, ma con limitati livelli di alterazione; localmente vene di quarzo centimetriche											
5															
6	6,20	5,00													
7				Substrato roccioso (metaglimbriti fortemente scistose) molto fratturato e caratterizzato da una alterazione profonda e pervasiva. Tale orizzonte è caratterizzato da numerosi livelli di debolezza in corrispondenza della matrice scistosa che ne condizionano il generale comportamento geomeccanico. In particolare si segnalano 2 orizzonti di totale alterazione della roccia con presenza di materiale finemente frantumato ed immerso in una matrice fine (orizzonte 6,20-6,30 ed orizzonte 7,00-7,20)											
8															
9															
10	10,00	3,80													
11	11,00	1,00		Substrato roccioso di colore grigio scuro e verde (metaglimbriti) fratturato, ma con limitati livelli di alterazione; localmente vene di quarzo centimetriche											
12															
13															
14	13,80	2,80		Substrato roccioso di colore grigio scuro (metaglimbriti) poco fratturato e progressivamente sempre più sano ed integro											

8 MODELLO GEOLOGICO STRATIGRAFICO PRELIMINARE

Di seguito un schema di modello geologico-stratigrafico di riferimento da ritenersi valido per la fascia sommitale del crinale che da Pian dei Corsi corre verso Cravarezza e che ha attinenza alle zone di imposta degli aerogeneratori in progetto.

Riferimento Orizzonte	Spessore medio stimato	Descrizione
1	0-2 m	Materiali sciolti classificabili come ghiaia limosa con sabbia, sabbia argillosa con ghiaia, in cui la frazione fine rappresenta un'aliquota importante che influenza il comportamento meccanico. Possibili inclusi lapidei verso il <i>cap-rock</i> [Vp media di riferimento ≈ 400 m/s]
2	2-6	Cappellaccio molto alterato e/o fratturato, ovvero substrato roccioso a scadenti caratteristiche meccaniche [Vp media di riferimento ≈ 1000 m/s]
3	Intero volume significativo	Substrato roccioso metaignimbrico, più o meno alterato e/o fratturato [Vp media di riferimento ≈ 2300 m/s]
Le condizioni idriche sono connesse a circolazioni d'acqua che interessano il substrato roccioso. Le rocce che caratterizzano il substrato sono da considerarsi sostanzialmente impermeabili e, solo in corrispondenza di eventuali termini più massivi e relativamente poco alterati, è possibile parlare di rocce semimpermeabili per fratturazione.		

9 ELEMENTI DI RIFERIMENTO A SUPPORTO DELLA PROGETTAZIONE GEOTECNICA

Orizzonte 1: i terreni di copertura rappresentano un livello sostanzialmente esiguo. Localmente sono presenti limitate coltri di materiale eluviale derivanti dalla progressiva alterazione del top del substrato roccioso e, scendendo lungo il pendio, limitate coperture eluvio-colluviali.

I dati oggi disponibili consentono di operare una prima caratterizzazione geotecnica di tali terreni che assume una sua significativa rilevanza in funzione delle opere di scavo e riporto previste dal progetto stesso.

Questi terreni sono classificabili come variabili tra una ghiaia limosa con sabbia ed una sabbia argillosa con ghiaia, dove la frazione fine costituisce comunque un'aliquota importante, che ne influenza il comportamento meccanico.

La componente del terreno fine (passante al 200) varia fra il 26.6% ed il 36.4% ed è classificabile come un limo inorganico di media compressibilità.

In relazione ai valori dell'indice di plasticità IP il terreno è classificabile come poco plastico. Riguardo la resistenza del terreno in esame, si specifica che i parametri di resistenza al taglio non drenati sono stati acquisiti da prova Triassiali tipo UU, mentre, i parametri drenati derivano da prove di taglio diretto.

Alla luce di quanto sopra e tenendo conto delle usuali correlazioni presenti in letteratura si evidenzia che per i materiali sciolti di copertura presenti lungo i versanti interessati dal progetto sono stimabili i seguenti parametri di resistenza:

$$c_u = 45-50 \text{ kPa}$$

$$\phi'_p = 32^\circ-35^\circ;$$

$$c'_p \approx 0 \text{ kPa.}$$

Orizzonte 2 e 3:

Resistenza della roccia.

I risultati dei valori di compressione uniassiale σ_c derivati dalle prove effettuate su campioni di carote prelevate nei sondaggi permettono di constatare come, in generale, i valori diametrali siano assai più bassi di quelli assiali. Ciò è da addebitare alla struttura stessa della

roccia in cui la scistosità e le foliazioni (talvolta associate a patine di alterazione) sono tendenzialmente disposte in modo assiale rispetto all'asse longitudinale e quindi costituiscono elemento di debolezza prevalentemente lungo tali direzioni. Peraltro già l'analisi petrografia su questi litotipi evidenzia come le isorientazioni dovute alla fase deformativa alpina S2 risultino dominanti rispetto alle altre fasi e come determinino i maggiori livelli di debolezza meccanica.

Ciò detto si può ragionevolmente ritenere che i valori di σ_c di tipo assiale meglio rappresentino le reali condizioni di sollecitazione sul terreno indotte dalle strutture di progetto in ordine alle problematiche di tipo fondazionale. Tali valori variano da 7.35 MPa a 66.36 MPa.

Il monitoraggio (andamento sforzo-deformazione) eseguito su prove di compressione uniassiale ha consentito di determinare il modulo di deformazione tangente E_t calcolato ad un livello di tensione pari al 50% della resistenza ultima a compressione uniassiale. In particolare, facendo riferimento alle curve assiali σ - ϵ disponibili per campioni prelevati a profondità comprese tra i 10 ed i 12 metri, si sono ottenuti valori di E_t compresi tra 12.5 GPa e circa 18 GPa.

Resistenza dell'ammasso. Per quanto riguarda le caratteristiche dell'ammasso (ipotesi di mezzo continuo equivalente) sono state fatte valutazioni con metodi empirici che sono correntemente utilizzati per redigere classificazioni tecniche dell'ammasso roccioso. In particolare la valutazione della qualità dell'ammasso roccioso è stata ottenuta facendo riferimento alla classificazione di Bieniawski (1979) ed è stata applicata valutando le diverse casistiche emerse dall'analisi dei sondaggi geognostici diretti disponibili.

In generale il valore di RMR ottenuto dalla classificazione è, per la porzione di ammasso presente fino ad una profondità di circa 8-9 metri, relativo ad una classe di qualità "scadente" (Classe IV) per cui sono stimati valori di resistenza, nell'ipotesi di rottura Mohr-Coulomb, pari a:

$$c \cong 100 \div 200 \text{ KPa}$$

$$\phi \cong 15 \div 25^\circ$$

Analogamente per le porzioni di ammasso presenti al di sotto degli 8-9 metri dal p.c. e fino ad almeno 13-14 metri (limite dell'area investigata attraverso indagini dirette) il valore di RMR

ottenuto dalla classificazione Bieniawski è invece relativo ad una classe di qualità "discreto" (Classe III) per cui sono stimati valori di resistenza, nell'ipotesi di rottura Mohr-Coulomb, pari a:

$$c \cong 200 \div 300 \text{ KPa}$$

$$\phi \cong 25^\circ \div 35^\circ$$

Un ulteriore approccio utilizzato per parametrizzare l'ammasso roccioso è stato quello di stimarne la qualità utilizzando le velocità delle onde sismiche V_p ricavate dai profili sismici disponibili e da correlazioni empiriche.

In questo modo si sono valutati l'indice di qualità Q (classificazione di Barton) ed, indirettamente, il valore di RMR (Rock Mass Rating, classificazione di Bieniawski).

Alla luce dei risultati della stesa sismica (nell'ipotesi di un mezzo a tre strati in cui, come già indicato in precedenza, il secondo ed il terzo strato rappresentino il comportamento medio dei livelli rocciosi presenti caratterizzati da diversi gradi di disarticolazione e degradazione) si è utilizzato il solo valore medio indicativo delle velocità delle onde p: $V_p = 2300 \text{ m/s}$.

Utilizzando la:

$$Q = 10^{(V_p - 3500) / 1000} \text{ (Grimstaad and Barton, 1993)}$$

$$\text{Con } V_p = 2300 \text{ m/s} \rightarrow Q \approx 0.0631$$

$$RMR = 15 \log Q + 50$$

$$\text{(Barton, 1995)} \rightarrow RMR \cong 32 \text{ (livello intermedio della Classe IV, roccia scadente)}$$

Un'altra valutazione della resistenza al taglio dell'ammasso roccioso è stata ottenuta facendo riferimento al criterio di rottura di Hoek-Brown (2002).

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma'_{ci} \left(m \frac{\sigma'_3}{\sigma'_{ci}} + s \right)$$

Con :

σ'_1 tensione effettiva massima principale a rottura

σ'_3 tensione effettiva minima principale a rottura

σ'_{ci} sforzo di compressione uniassiale del materiale intatto

m ed s costanti del materiale

Nell'ambito dell'approccio metodologico sono stati stimati i parametri della classificazione di Hoek-Brown, inserendo dati di input riconducibili ad una roccia con struttura laminata e con condizioni di superfici di giunto di tipo "poor".

In base all'involuppo di rottura ottenuto con il criterio di Hoek-Brown (involuppo non lineare), sono stati ricavati i valori istantanei di c e f per un campo di valori della tensione normale ridotto e limitato (parametri Mohor-Coulomb dell'involuppo lineare che meglio si adatta all'involuppo non lineare di Hoek-Brown).

I risultati di tale modellazione sono sintetizzati nella successiva tabella, mentre in Figura 10 viene riportato l'involuppo a rottura studiato appunto attraverso il criterio di Hoek-Brown.

σ_n (MPa)	0.10	0.20	0.30	0.40
c (MPa)	0.034	0.057	0.078	0.097
ϕ (°)	41.5	35.8	32.5	30.1

Riguardo la deformabilità dell'ammasso roccioso una stima di larga massima è stata ottenuta correlando $E_{ammasso}$ ai valori di $E_{materiale}$ (valore riferito a prove eseguite su campioni della stessa tipologia prelevate nel corso dei sondaggi ed all'indice RQD).

In particolare si fa osservare che per valori di RQD inferiori al 60-70% generalmente il rapporto $E_{ammasso}/E_{materiale}$ risulta pari a 0.1-0.15. Nel caso specifico è perciò ipotizzabile che $E_{ammasso}$ sia pari a circa 2 GPa.

RISPOSTA SISMICA LOCALE

Con un'ipotesi di lavoro teorica (fondazione superficiale o fondazione speciale con quota testa pali superficiale) ed utilizzando fattori di conversione V_p - V_s bibliografiche è possibile attribuire, in prima approssimazione, sia una Categoria di sottosuolo di tipo E che B.

Categoria topografica T2

Modello geotecnico di progetto

In definitiva i terreni con cui si ha a che fare sono apparentemente di buona qualità; in realtà si tratta (tolto il cappellaccio) di un substrato roccioso metaignimbritico fratturato, molto fratturato, localmente alterato e caratterizzato da numerosi livelli di debolezza che ne condizionano il generale comportamento geomeccanico.

Per tale motivi con le conoscenze attuali si prevede, in via cautelativa di adottare un modello geotecnico costituito da un unico ammasso avente le seguenti caratteristiche:

$\phi'p = 30^\circ$;

$c'p \approx 0$ kPa.

Categoria di sottosuolo B

Categoria topografica T2

10 CARICHI AGENTI

Il calcolo delle fondazioni delle torri di sostegno dell'aerogeneratore è eseguito sulla base delle sollecitazioni massime previste dalla IEC 61400-1. Nel caso in esame i carichi "Extreme Loads" e "Production Loads" adottati per il predimensionamento della fondazione sono di seguito riportati.

Characteristic Extreme								
Lead	LC/Family	PLF	Type	Mbt	Mzt	FndFr	Fzt	Ref
Sensor	[-]	[-]	[-]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[-]
Mbt	62E50b08000(fam411)	1.1	Abs	130400.00	2826.30	1312.06	-4626.42	[1]
Mzt	23NTMSCVo00(fam230)	1.35	Abs	28594.56	-11508.80	495.56	-4452.05	[2]
FndFr	62E50b09000(fam412)	1.1	Abs	129900.00	2629.58	1320.81	-4642.81	[1]
Fzt	12lceUVo100(fam34)	1.35	Abs	37796.38	2607.53	379.68	-4868.95	[1]

Table 2-1 Characteristic Extreme (excl. PLF). Load cases sorted with PLF.

Characteristic Extreme								
Lead	LC/Family	PLF	Type	Mbt	Mzt	FndFr	Fzt	Ref
Sensor	[-]	[-]	[-]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[-]
Mbt	62E50b08000(fam411)	1.1	Abs	130400.00	2826.30	1312.06	-4626.42	[1]
Mzt	23NTMSCVo00(fam230)	1.35	Abs	28594.56	-11508.80	495.56	-4452.05	[2]
FndFr	62E50b09000(fam412)	1.1	Abs	129900.00	2629.58	1320.81	-4642.81	[1]
Fzt	12lceUVo100(fam34)	1.35	Abs	37796.38	2607.53	379.68	-4868.95	[1]

Table 2-2 Characteristic Extreme (excl. PLF). Load cases sorted without PLF.

Characteristic Extreme								
Lead	LC/Family	PLF	Type	Mbt	Mzt	FndFr	Fzt	Ref
Sensor	[-]	[-]	[-]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	[-]
Mbt	62E50b08000(fam411)	1.1	Abs	130400.00	2826.30	1312.06	-4626.42	[1]
Mzt	22VOGHWO300(fam162)	1.1	Abs	20311.51	-9484.18	213.16	-4521.62	[1]
FndFr	62E50b09000(fam412)	1.1	Abs	129900.00	2629.58	1320.81	-4642.81	[1]
Fzt	22VOGHWO300(fam162)	1.1	Abs	28167.14	2089.36	302.25	-4815.11	[1]

Table 2-3 Characteristic Extreme (excl. PLF). Only load cases with PLF = 1.10

Characteristic Extreme								
Lead	LC/Family	PLF	Type	Mbt	Mzt	FndFr	Fzt	Ref
Sensor	-	-	-	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	-
Mbt	98NTM1600(fam469)	1.35	Abs	86404.25	-962.36	807.15	-4710.06	[2]
Mzt	23NTMSCVo00(fam230)	1.35	Abs	28594.56	-11508.80	495.56	-4452.05	[2]
FndFr	23NTMHCVrp00(fam237)	1.35	Abs	64946.24	3033.25	887.03	-4699.51	[2]
Fzt	12IceUVo100(fam34)	1.35	Abs	37796.38	2607.53	379.68	-4868.95	[1]

Table 2-4 Characteristic Extreme (excl. PLF). Only load cases with PLF = 1.35.

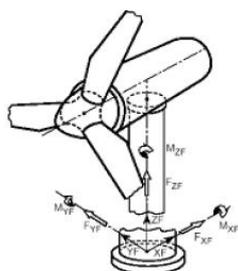
Production loads							
		Char. load	Prob.:1e-2	Prob.:1e-4	Ref		
M _{res}	[kNm]	86404.25	66890.69	74137.54	[2]	[2]	[2]
M _z	[kNm]	-11508.80	-3266.49	-5086.89	[2]	[1]	[1]
F _{res}	[kN]	887.03	598.44	683.54	[2]	[2]	[2]
F _z	[kN]	-4868.95	-4757.20	-4783.38	[1]	[1]	[2]

Table 3-1 Production loads

Equivalent and Mean Fatigue Foundation Loads							
		Mean load	Range m = 4	Range m = 7	Ref		
F _y	[kN]	329.35	466.47	409.22	[1]	[1]	[1]
M _x	[kNm]	-37354.22	28764.44	31186.65	[1]	[1]	[1]
M _z	[kNm]	-281.71	6597.50	6568.21	[1]	[1]	[1]

Table 4-1 Fatigue loads for N=1E7 cycles.

Tutti i carichi sono dati con riferimento all'intersezione dell'asse della torre con l'estradosso dell'opera di fondazione.



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

Figure 1: coordinate system

Il carico dovuto alla neve non viene considerato, in quanto non esistono reali possibilità di accumulo significativo di neve sia sulla navicella che sulle pale. Oltre a tali sollecitazioni, si è considerato agente sulle opere di fondazione un carico uniformemente distribuito per tenere

conto del terreno di ricoprimento della fondazione. Per la verifica degli elementi strutturali del nodo torre/plinto di fondazione e per la verifica delle fondazioni, alle sollecitazioni sopra riportate, sono stati applicati i fattori parziali di sicurezza sotto elencati, riportati nella tabella 6.2.I del D.M. 17 gennaio 2018.

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_{Q1}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{G1}

Per ognuna delle quattro condizioni di carico, le sollecitazioni sono state combinate secondo quanto previsto al punto 2.5.3 del D.M. 17/01/2018 (equazione 2.5.1):

$$\gamma_{G1}G_1 + \gamma_{G2}G_2 + \gamma_P P + \gamma_{Q1}Q_{k1} + \gamma_{Q2}\psi_{02}Q_{k2} + \dots$$

dove G sono le azioni permanenti, azioni che agiscono durante tutta la vita nominale della costruzione, la cui variazione di intensità nel tempo è così piccola e lenta da poterle considerare con sufficiente approssimazione costanti nel tempo. Esse sono:

- peso proprio di tutti gli elementi strutturali; peso proprio del terreno, forze indotte dal terreno (esclusi gli effetti di carichi variabili applicati al terreno); forze risultanti dalla pressione dell'acqua (quando si configurino costanti nel tempo) (G_1);
- peso proprio di tutti gli elementi non strutturali (G_2);
- spostamenti e deformazioni imposti, previsti dal progetto e realizzati all'atto della costruzione;
- pretensione e precompressione (P);
- spostamenti differenziali;
- Q sono le azioni variabili, azioni agenti sulla struttura o sull'elemento strutturale con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel tempo, suddivise come:
 - di lunga durata: agiscono con un'intensità significativa, anche non continuamente, per un tempo non trascurabile rispetto alla vita nominale della struttura;

- di breve durata: azioni che agiscono per un periodo di tempo breve rispetto alla vita nominale della struttura.

In tale equazione, le azioni orizzontali ed i momenti flettenti provenienti dalla torre sono stati considerati come azioni variabili, applicando quindi un coefficiente moltiplicativo pari a 1,50 così come previsto al punto 6.2.4.1.1 della normativa tecnica di riferimento D.M. 17/01/2018.

11 FONDAZIONI DI TIPO INDIRETTO: VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI TIPO GEOTECNICO

11.1 GENERALITA'

Nel presente paragrafo vengono riportate le teorie di calcolo e i risultati delle verifiche geotecniche della fondazione di tipo. In particolare, secondo quanto stabilito al punto 6.4.3 NTC 2018, nei confronti delle fondazioni di tipo indiretto devono essere condotte le seguenti verifiche:

SLU di tipo geotecnico (GEO)

- collasso per carico limite della palificata nei confronti di carichi assiali;
- collasso per carico limite della palificata nei confronti di carichi trasversali;
- collasso per carico limite di sfilamento nei confronti di carichi assiali di trazione.

Le verifiche di cui sopra devono essere effettuate, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tab. 6.2.I (coefficienti moltiplicativi per le azioni), 6.2.II (coefficienti moltiplicativi per i parametri geotecnici) e 6.4.II e 6.4.VI (coefficienti divisori della resistenza), seguendo il seguente approccio:

Approccio 2:

Un'unica combinazione (A1+M1+R3).

La verifica di stabilità globale deve essere effettuata analogamente a quanto previsto nel capitolo 6.8 secondo la combinazione 2 dell'approccio 1 (A2+M2+R2), tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle 6.2.I, 6.2.II, 6.8.I.

Nelle verifiche agli SLU di tipo strutturale il coefficiente γ_R non deve essere portato in conto.

Per le verifiche agli SLU di tipo strutturale si rimanda alla relazione di predimensionamento strutturale. In particolare, le verifiche geotecniche sono state eseguite con opportuno software di calcolo strutturale e geotecnico della Software House Aztec Informatica API++ .11, licenza n° A101280VT.

11.2 CARICO LIMITE DEI PALI DI FONDAZIONE GENERALITA'

La capacità portante di un palo viene valutata come somma di due contributi: portata di base (o di punta) e portata per attrito laterale lungo il fusto. Cioè si assume valida l'espressione:

$$Q_T = Q_P + Q_L - W_P$$

dove:

- QT = portanza totale del palo;
- QP = portanza di base del palo;
- QL = portanza per attrito laterale del palo;
- WP = peso proprio del palo,

Le due componenti QP e QL sono calcolate in modo indipendente fra loro.

La portanza limite per ciascun palo è calcolata in base alle caratteristiche del terreno dei vari strati attraversati dal palo.

Secondo quanto previsto al punto 6.4.3.1.1 del D.M. 14/01/2008, a partire dal valore così calcolato della portanza Q_t si ricava il valore caratteristico, dividendo Q_t per i coefficienti ξ_3 e ξ_4 , per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate, riportati in tabella 6.4.IV:

Numero di verticali indagate							
	1	2	3	4	5	7	≥ 10
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40
ξ_4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21

Nel caso in esame, si è condotto un solo sondaggio per ogni postazione. Per cui si farà riferimento al coefficiente 1.70.

A partire dal valore caratteristico così ottenuto, si calcola il valore di progetto applicando i coefficienti γ_R riportati nella tabella 6.4.II:

	Pali trivellati		
	R1	R2	R3
Base	1.00	1.70	1.35
Laterale in compressione	1.00	1.45	1.25
Totale	1.00	1.60	1.30
Laterale in trazione	1.00	1.60	1.25

Il valore di progetto così determinato della capacità portante deve risultare non minore del valore caratteristico ottenuto dal calcolo.

La portanza limite per ciascun palo è calcolata in base alle caratteristiche del terreno dei vari strati attraversati dal palo.

La portanza per attrito laterale viene calcolata tramite la relazione:

$$Q_l = \pi \cdot \int_0^L D \tau_s dl$$

Rappresentando τ_s le tensioni tangenziali che si mobilitano all'interfaccia palo terreno e D il diametro del palo.

La portanza di base del palo è calcolata come:

$$Q_p = qb * Ab$$

Dove qb , che esprime il valore ultimo della pressione alla base, è stato determinato con l'approccio di Berezantsev.

11.3 CALCOLO TENSIONI E CEDIMENTI

Determinata la portanza laterale e di punta del palo lo stesso viene discretizzato in 100 elementi tipo trave aventi area ed inerzia corrispondenti alla sezione trasversale del palo e lunghezza pari ad L_e . Vengono disposte, inoltre, lungo il fusto del palo una serie di molle (una per ogni elemento), coassiali al palo stesso, aventi rigidezza opportuna. Una ulteriore molla viene disposta alla base del palo. Le suddette molle hanno un comportamento elastoplastico. In particolare, le molle lungo il fusto saranno in grado di reagire linearmente fino a quando la pressione in corrispondenza di esse non raggiunge il valore limite dell'aderenza palo terreno. Una volta raggiunto tale valore le molle non saranno più in grado di fornire ulteriore resistenza. La molla posta alla base del palo avrà invece una resistenza limite pari alla portanza di punta del palo stesso.

Per la determinazione delle rigidezze delle molle si considerano gli spostamenti limite ΔY_l e ΔY_p (definiti dall'Utente nella finestra Metodo cedimenti).

La rigidezza della generica molla, posta a profondità z rispetto al piano campagna sarà data da:

$$R_l = \frac{(c_a + \sigma_h K_s \tan \delta) \pi D l_e}{\Delta Y_l}$$

In questa espressione c_a è l'aderenza palo terreno, σ_h è la pressione orizzontale alla profondità z , δ è l'angolo d'attrito palo terreno, K_s è il coefficiente di spinta e D è il diametro del palo.

Indicando con Q_p la portanza alla punta del palo, la rigidezza della molla posta alla base dello stesso è data da:

$$R_p = \frac{Q_p}{\Delta Y_p}$$

Il processo di soluzione è, naturalmente, di tipo iterativo: a partire da un carico iniziale

N0 si determinano gli spostamenti assiali e quindi le reazioni delle molle. La reazione della molla dovrà essere corretta per tenere conto di eventuali plasticizzazioni rispettando le equazioni di equilibrio per ogni passo di carico. Il carico iniziale verrà allora incrementato di un passo opportuno e si ripeterà il procedimento. Il processo iterativo termina quando tutte le molle risultano plasticizzate.

11.4 CAPACITÀ PORTANTE PER CARICO ORIZZONTALE

L'analisi del palo soggetto a forze orizzontali non risulta sicuramente più agevole del caso di palo soggetto a forze assiali. Trattasi di un problema d'interazione parzialmente risolto solo per casi più semplici ed adottando notevoli semplificazioni d'analisi. In particolare, sono stati analizzati da Broms il caso di palo in un mezzo omogeneo puramente coesivo ed in un mezzo omogeneo incoerente, nei casi in cui il palo sia libero di ruotare in testa o sia incastrato. Le soluzioni ottenute da Broms si basano sull'utilizzo dei teoremi dell'analisi limite e sull'ipotesi che si verifichino alcuni meccanismi di rottura (meccanismo di palo corto, meccanismo di palo lungo, etc).

La resistenza limite laterale di un palo è determinata dal minimo valore fra il carico orizzontale, necessario per produrre il collasso del terreno lungo il fusto del palo, ed il carico orizzontale necessario per produrre la plasticizzazione del palo. Il primo meccanismo (plasticizzazione del terreno) si verifica nel caso di pali molto rigidi in terreni poco resistenti (meccanismo di palo corto), mentre il secondo meccanismo si verifica nel caso di pali aventi rigidezze non eccessive rispetto al terreno d'infissione (meccanismo di palo lungo o intermedio). In particolare, si rimanda alla relazione ai tabulati di calcolo allegati al presente progetto.

11.5 TABULATO DI CALCOLO VERIFICHE GEOTECNICHE

Tipologie pali

Simbologia adottata

n°	Indice tipologia
Descrizione	Descrizione tipologia
Geometria	Geometria tipologia (Pali in c.a o Pali in acciaio)
Armatura	Tipologia armatura per pali in c.a.
Portanza	Aliquote contributi portanza (solo Punta, solo Laterale, Entrambe)
Vincolo	Grado di vincolo alla testa del palo (Incastro o Cerniera)
TC	Tipologia costruttiva del palo (Trivellato o Infilso)
Mat	Indice materiale tipologia palo
Pt	Pressione quota testa palo, espressa in [kg/cmq]

n°	Descrizione	Geometria	Armatura	Portanza	TC
1	Tipologia 1	Pali circolari in c.a.	Ferri longitudinali + staffe	Entrambe	Trivellato

Caratteristiche pali

Simbologia adottata

n°	Indice palo
X	Ascissa palo, espressa in [m]
Y	Ordinata palo, espressa in [m]
d	Diametro palo, espresso in [cm]
l	Lunghezza palo, espressa in [m]
nodo	Indice nodo su cui è posizionato il palo
It	Indice tipologia palo

n°	X	Y	D	L	Nodo	It
	[m]	[m]	[cm]	[m]		
1	9,70	0,00	100,00	25,00	15	1
2	8,96	3,71	100,00	25,00	145	1
3	6,86	6,86	100,00	25,00	336	1
4	3,71	8,96	100,00	25,00	581	1
5	0,00	9,70	100,00	25,00	651	1
6	-3,71	8,96	100,00	25,00	772	1
7	-6,86	6,86	100,00	25,00	863	1
8	-8,96	3,71	100,00	25,00	930	1
9	-9,70	0,00	100,00	25,00	958	1
10	-8,96	-3,71	100,00	25,00	915	1
11	-6,86	-6,86	100,00	25,00	848	1
12	-3,71	-8,96	100,00	25,00	745	1
13	0,00	-9,70	100,00	25,00	605	1
14	3,71	-8,96	100,00	25,00	445	1
15	6,86	-6,86	100,00	25,00	202	1
16	8,96	-3,71	100,00	25,00	52	1

Descrizione terreni

Caratteristiche fisico meccaniche

Simbologia adottata

Descrizione	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
γ_{sat}	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc]
ϕ	Angolo di attrito interno del terreno espresso in gradi
δ	Angolo di attrito palo-terreno espresso in gradi
c	Coesione del terreno espressa in [kg/cmq]
ca	Adesione del terreno espressa in [kg/cmq]
τ_1	Tensione tangenziale, per calcolo portanza micropali con il metodo di Bustamante-Doix, espressa in [kg/cmq]
α	Coeff. di espansione laterale

Descrizione	γ	γ_{sat}	Parametri	ϕ	δ	c
	[kg/mc]	[kg/mc]		[°]	[°]	[kg/cmq]
	1900,0	2100,0	Caratteristici	30,00	20,0	0,000
			Minimi	30,00	20,0	0,000

RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

REALIZZAZIONE IMPIANTO EOLICO "CRAVAREZZA"
COMUNI CALICE LIGURE MALLARE ORCO FEGLINO E ALTARE (SV)
PROGETTO DEFINITIVO

Descrizione	γ	γ_{sat}	Parametri	ϕ	δ	c
	[kg/mc]	[kg/mc]		[°]	[°]	[kg/cm ^q]
substrato roccioso metaignimbritico fratturato	2000,0	2100,0	Medi	30,00	20,0	0,000
			Caratteristici	30,00	20,0	0,000
			Minimi	30,00	20,0	0,000
			Medi	30,00	20,0	0,000

Descrizione stratigrafia e falda

Simbologia adottata

N	Identificativo strato
Z1	Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°1 espressa in [m]
Z2	Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°2 espressa in [m]
Z3	Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°3 espressa in [m]
Terreno	Terreno associato allo strato
Ks	Coefficiente di spinta
Kw	Costante di Winkler orizzontale espressa in [Kg/cm ² /cm]
α	Coeff. di sbulbatura

N	Z1	Z2	Z3	Terreno	Ks
	[m]	[m]	[m]		
1	-10,0	-10,0	-10,0	substrato roccioso metaignimbritico fratturato	0.500
2	-30,0	-30,0	-30,0	substrato roccioso metaignimbritico fratturato	0.550

Falda

Profondità dal piano campagna assente [m]

Costante di Winkler

Direzione	Simbolo	Kw
		[Kg/cm ² /cm]
Verticale	Kwv	2.00
Orizzontale	Kwo	Calcolata dal programma (Kwo=Kwv*tan(ϕ))

Convenzioni adottate

Carichi e reazioni vincolari

Fz	Carico verticale positivo verso il basso
Fx	Forza orizzontale in direzione X positiva nel verso delle X crescenti.
Fy	Forza orizzontale in direzione Y positiva nel verso delle Y crescenti.
Mx	Momento con asse vettore parallelo all'asse X positivo antiorario.
My	Momento con asse vettore parallelo all'asse Y positivo antiorario.

Sollecitazioni

Mx	Momento flettente X con asse vettore parallelo all'asse Y (positivo se tende le fibre inferiori).
My	Momento flettente Y con asse vettore parallelo all'asse X (positivo se tende le fibre inferiori).
Mxy	Momento flettente XY.

Condizioni di carico

Carichi concentrati

Simbologia adottata

Ic	Indice carico
X	Ascissa carico espressa in [m]
Y	Ordinata carico espressa in [m]
N	Carico verticale espresso in [kg]
Mx	Momento intorno all'asse X espresso in [kgm]
My	Momento intorno all'asse Y espresso in [kgm]
Tx	Forza orizzontale in direzione X espressa in [kg]
Ty	Forza orizzontale in direzione Y espressa in [kg]

Carichi distribuiti

Simbologia adottata

Ic	Indice carico
P _{is}	Punto inferiore sinistro del carico espresso in [m]
P _{sd}	Punto superiore destro del carico espresso in [m]

RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

REALIZZAZIONE IMPIANTO EOLICO "CRAVAREZZA"
 COMUNI CALICE LIGURE MALLARE ORCO FEGLINO E ALTARE (SV)
 PROGETTO DEFINITIVO

Qz1	Componente verticale del carico in corrispondenza del punto inferiore sinistro espresso in [kg/mq]
Qz2	Componente verticale del carico in corrispondenza del punto inferiore destro espresso in [kg/mq]
Qz3	Componente verticale del carico in corrispondenza del punto superiore sinistro espresso in [kg/mq]
Qz4	Componente verticale del carico in corrispondenza del punto superiore destro espresso in [kg/mq]
Qx	Componente orizzontale del carico in direzione X espressa in [kg/mq]
Qy	Componente orizzontale del carico in direzione Y espressa in [kg/mq]

*Condizione n° 1 - Condizione 1 – Peso proprio torre***Carichi concentrati**

Oggetto	X [m]	Y [m]	N [kg]	Mx [kgm]	My [kgm]	Tx [kg]	Ty [kg]
Piastra	1,83	0,00	112,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Piastra	1,76	0,47	112,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Piastra	1,58	0,91	112,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Piastra	1,29	1,29	112,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Piastra	0,91	1,58	112,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Piastra	0,47	1,76	112,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Piastra	0,00	1,83	112,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Piastra	-0,47	1,76	112,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Piastra	-0,91	1,58	112,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Piastra	-1,29	1,29	112,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Piastra	-1,58	0,91	112,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Piastra	-1,76	0,47	112,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Piastra	-1,83	0,00	112,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Piastra	-1,76	-0,47	112,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Piastra	-1,58	-0,91	112,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Piastra	-1,29	-1,29	112,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Piastra	-0,91	-1,58	112,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Piastra	-0,47	-1,76	112,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Piastra	0,00	-1,83	112,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Piastra	0,47	-1,76	112,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Piastra	0,91	-1,58	112,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Piastra	1,29	-1,29	112,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Piastra	1,58	-0,91	112,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Piastra	1,76	-0,47	112,1	0,0	0,0	0,0	0,0

*Condizione n° 2 - Condizione 2 - IEC Mbt MAX***Carichi concentrati**

Oggetto	X [m]	Y [m]	N [kg]	Mx [kgm]	My [kgm]	Tx [kg]	Ty [kg]
Piastra	1,83	0,00	133,1	0,0	0,0	0,0	34,5
Piastra	1,76	0,47	-1152,7	0,0	0,0	1,7	34,7
Piastra	1,58	0,91	-2350,8	0,0	0,0	3,3	35,4
Piastra	1,29	1,29	-3379,7	0,0	0,0	4,6	36,4
Piastra	0,91	1,58	-4169,2	0,0	0,0	5,7	37,7
Piastra	0,47	1,76	-4665,5	0,0	0,0	6,3	39,3
Piastra	0,00	1,83	-4834,8	0,0	0,0	6,5	41,0
Piastra	-0,47	1,76	-4665,5	0,0	0,0	6,3	42,7
Piastra	-0,91	1,58	-4169,2	0,0	0,0	5,7	44,3
Piastra	-1,29	1,29	-3379,7	0,0	0,0	4,6	45,6
Piastra	-1,58	0,91	-2350,8	0,0	0,0	3,3	46,7
Piastra	-1,76	0,47	-1152,7	0,0	0,0	1,7	47,3
Piastra	-1,83	0,00	133,1	0,0	0,0	0,0	47,5
Piastra	-1,76	-0,47	1418,9	0,0	0,0	-1,7	47,3
Piastra	-1,58	-0,91	2617,1	0,0	0,0	-3,3	46,7
Piastra	-1,29	-1,29	3646,0	0,0	0,0	-4,6	45,6
Piastra	-0,91	-1,58	4435,4	0,0	0,0	-5,7	44,3
Piastra	-0,47	-1,76	4931,7	0,0	0,0	-6,3	42,7
Piastra	0,00	-1,83	5101,0	0,0	0,0	-6,5	41,0
Piastra	0,47	-1,76	4931,7	0,0	0,0	-6,3	39,3

RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

REALIZZAZIONE IMPIANTO EOLICO "CRAVAREZZA"
 COMUNI CALICE LIGURE MALLARE ORCO FEGLINO E ALTARE (SV)
 PROGETTO DEFINITIVO

Oggetto	X	Y	N	Mx	My	Tx	Ty
	[m]	[m]	[kg]	[kgm]	[kgm]	[kg]	[kg]
Piastra	0,91	-1,58	4435,4	0,0	0,0	-5,7	37,7
Piastra	1,29	-1,29	3646,0	0,0	0,0	-4,6	36,4
Piastra	1,58	-0,91	2617,1	0,0	0,0	-3,3	35,4
Piastra	1,76	-0,47	1418,9	0,0	0,0	-1,7	34,7

Condizione n° 3 - Condizione 3 - IEC Mz MAX

Carichi concentrati

Oggetto	X	Y	N	Mx	My	Tx	Ty
	[m]	[m]	[kg]	[kgm]	[kgm]	[kg]	[kg]
Piastra	1,83	0,00	126,9	0,0	0,0	0,0	-189,1
Piastra	1,76	0,47	-167,6	0,0	0,0	51,7	-182,3
Piastra	1,58	0,91	-442,1	0,0	0,0	99,8	-162,4
Piastra	1,29	1,29	-677,7	0,0	0,0	141,1	-130,7
Piastra	0,91	1,58	-858,6	0,0	0,0	172,8	-89,3
Piastra	0,47	1,76	-972,3	0,0	0,0	192,8	-41,2
Piastra	0,00	1,83	-1011,0	0,0	0,0	199,6	10,5
Piastra	-0,47	1,76	-972,3	0,0	0,0	192,8	62,1
Piastra	-0,91	1,58	-858,6	0,0	0,0	172,8	110,3
Piastra	-1,29	1,29	-677,7	0,0	0,0	141,1	151,6
Piastra	-1,58	0,91	-442,1	0,0	0,0	99,8	183,3
Piastra	-1,76	0,47	-167,6	0,0	0,0	51,7	203,3
Piastra	-1,83	0,00	126,9	0,0	0,0	0,0	210,1
Piastra	-1,76	-0,47	421,4	0,0	0,0	-51,7	203,3
Piastra	-1,58	-0,91	695,8	0,0	0,0	-99,8	183,3
Piastra	-1,29	-1,29	931,5	0,0	0,0	-141,1	151,6
Piastra	-0,91	-1,58	1112,3	0,0	0,0	-172,8	110,3
Piastra	-0,47	-1,76	1226,0	0,0	0,0	-192,8	62,1
Piastra	0,00	-1,83	1264,8	0,0	0,0	-199,6	10,5
Piastra	0,47	-1,76	1226,0	0,0	0,0	-192,8	-41,2
Piastra	0,91	-1,58	1112,3	0,0	0,0	-172,8	-89,3
Piastra	1,29	-1,29	931,5	0,0	0,0	-141,1	-130,7
Piastra	1,58	-0,91	695,8	0,0	0,0	-99,8	-162,4
Piastra	1,76	-0,47	421,4	0,0	0,0	-51,7	-182,3

Condizione n° 4 - Condizione 4 - IEC Fz Max

Carichi concentrati

Oggetto	X	Y	N	Mx	My	Tx	Ty
	[m]	[m]	[kg]	[kgm]	[kgm]	[kg]	[kg]
Piastra	1,83	0,00	-1,1	0,0	0,0	0,0	62,9
Piastra	1,76	0,47	-472,9	0,0	0,0	-12,2	61,3
Piastra	1,58	0,91	-912,6	0,0	0,0	-23,6	56,5
Piastra	1,29	1,29	-1290,2	0,0	0,0	-33,4	49,0
Piastra	0,91	1,58	-1579,9	0,0	0,0	-40,9	39,3
Piastra	0,47	1,76	-1762,0	0,0	0,0	-45,6	27,9
Piastra	0,00	1,83	-1824,2	0,0	0,0	-47,2	15,7
Piastra	-0,47	1,76	-1762,0	0,0	0,0	-45,6	3,5
Piastra	-0,91	1,58	-1579,9	0,0	0,0	-40,9	-7,9
Piastra	-1,29	1,29	-1290,2	0,0	0,0	-33,4	-17,7
Piastra	-1,58	0,91	-912,6	0,0	0,0	-23,6	-25,2
Piastra	-1,76	0,47	-472,9	0,0	0,0	-12,2	-29,9
Piastra	-1,83	0,00	-1,1	0,0	0,0	0,0	-31,5
Piastra	-1,76	-0,47	470,8	0,0	0,0	12,2	-29,9
Piastra	-1,58	-0,91	910,5	0,0	0,0	23,6	-25,2
Piastra	-1,29	-1,29	1288,0	0,0	0,0	33,4	-17,7
Piastra	-0,91	-1,58	1577,7	0,0	0,0	40,9	-7,9
Piastra	-0,47	-1,76	1759,9	0,0	0,0	45,6	3,5

RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

REALIZZAZIONE IMPIANTO EOLICO "CRAVAREZZA"
 COMUNI CALICE LIGURE MALLARE ORCO FEGLINO E ALTARE (SV)
 PROGETTO DEFINITIVO

Oggetto	X	Y	N	Mx	My	Tx	Ty
	[m]	[m]	[kg]	[kgm]	[kgm]	[kg]	[kg]
Piastra	0,00	-1,83	1822,0	0,0	0,0	47,2	15,7
Piastra	0,47	-1,76	1759,9	0,0	0,0	45,6	27,9
Piastra	0,91	-1,58	1577,7	0,0	0,0	40,9	39,3
Piastra	1,29	-1,29	1288,0	0,0	0,0	33,4	49,0
Piastra	1,58	-0,91	910,5	0,0	0,0	23,6	56,5
Piastra	1,76	-0,47	470,8	0,0	0,0	12,2	61,3

*Condizione n° 5 - Condizione 5 - SLE CH***Carichi concentrati**

Oggetto	X	Y	N	Mx	My	Tx	Ty
	[m]	[m]	[kg]	[kgm]	[kgm]	[kg]	[kg]
Piastra	1,83	0,00	140,8	0,0	0,0	0,0	-158,5
Piastra	1,76	0,47	-1145,0	0,0	0,0	51,7	-151,7
Piastra	1,58	0,91	-2343,1	0,0	0,0	99,8	-131,7
Piastra	1,29	1,29	-3372,0	0,0	0,0	141,1	-100,0
Piastra	0,91	1,58	-4161,5	0,0	0,0	172,8	-58,7
Piastra	0,47	1,76	-4657,8	0,0	0,0	192,8	-10,5
Piastra	0,00	1,83	-4827,1	0,0	0,0	199,6	41,1
Piastra	-0,47	1,76	-4657,8	0,0	0,0	192,8	92,8
Piastra	-0,91	1,58	-4161,5	0,0	0,0	172,8	140,9
Piastra	-1,29	1,29	-3372,0	0,0	0,0	141,1	182,2
Piastra	-1,58	0,91	-2343,1	0,0	0,0	99,8	214,0
Piastra	-1,76	0,47	-1145,0	0,0	0,0	51,7	233,9
Piastra	-1,83	0,00	140,8	0,0	0,0	0,0	240,7
Piastra	-1,76	-0,47	1426,6	0,0	0,0	-51,7	233,9
Piastra	-1,58	-0,91	2624,8	0,0	0,0	-99,8	214,0
Piastra	-1,29	-1,29	3653,7	0,0	0,0	-141,1	182,2
Piastra	-0,91	-1,58	4443,2	0,0	0,0	-172,8	140,9
Piastra	-0,47	-1,76	4939,5	0,0	0,0	-192,8	92,8
Piastra	0,00	-1,83	5108,7	0,0	0,0	-199,6	41,1
Piastra	0,47	-1,76	4939,5	0,0	0,0	-192,8	-10,5
Piastra	0,91	-1,58	4443,2	0,0	0,0	-172,8	-58,7
Piastra	1,29	-1,29	3653,7	0,0	0,0	-141,1	-100,0
Piastra	1,58	-0,91	2624,8	0,0	0,0	-99,8	-131,7
Piastra	1,76	-0,47	1426,6	0,0	0,0	-51,7	-151,7

*Condizione n° 6 - Condizione 6 -SLE PR***Carichi concentrati**

Oggetto	X	Y	N	Mx	My	Tx	Ty
	[m]	[m]	[kg]	[kgm]	[kgm]	[kg]	[kg]
Piastra	1,83	0,00	135,7	0,0	0,0	0,0	-55,3
Piastra	1,76	0,47	-647,8	0,0	0,0	20,8	-52,6
Piastra	1,58	0,91	-1377,8	0,0	0,0	40,2	-44,5
Piastra	1,29	1,29	-2004,7	0,0	0,0	56,9	-31,7
Piastra	0,91	1,58	-2485,8	0,0	0,0	69,6	-15,1
Piastra	0,47	1,76	-2788,2	0,0	0,0	77,7	4,3
Piastra	0,00	1,83	-2891,3	0,0	0,0	80,4	25,1
Piastra	-0,47	1,76	-2788,2	0,0	0,0	77,7	45,9
Piastra	-0,91	1,58	-2485,8	0,0	0,0	69,6	65,3
Piastra	-1,29	1,29	-2004,7	0,0	0,0	56,9	82,0
Piastra	-1,58	0,91	-1377,8	0,0	0,0	40,2	94,8
Piastra	-1,76	0,47	-647,8	0,0	0,0	20,8	102,8
Piastra	-1,83	0,00	135,7	0,0	0,0	0,0	105,5
Piastra	-1,76	-0,47	919,1	0,0	0,0	-20,8	102,8
Piastra	-1,58	-0,91	1649,2	0,0	0,0	-40,2	94,8

RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

 REALIZZAZIONE IMPIANTO EOLICO "CRAVAREZZA"
 COMUNI CALICE LIGURE MALLARE ORCO FEGLINO E ALTARE (SV)
PROGETTO DEFINITIVO

Oggetto	X	Y	N	Mx	My	Tx	Ty
	[m]	[m]	[kg]	[kgm]	[kgm]	[kg]	[kg]
Piastra	-1,29	-1,29	2276,1	0,0	0,0	-56,9	82,0
Piastra	-0,91	-1,58	2757,1	0,0	0,0	-69,6	65,3
Piastra	-0,47	-1,76	3059,5	0,0	0,0	-77,7	45,9
Piastra	0,00	-1,83	3162,6	0,0	0,0	-80,4	25,1
Piastra	0,47	-1,76	3059,5	0,0	0,0	-77,7	4,3
Piastra	0,91	-1,58	2757,1	0,0	0,0	-69,6	-15,1
Piastra	1,29	-1,29	2276,1	0,0	0,0	-56,9	-31,7
Piastra	1,58	-0,91	1649,2	0,0	0,0	-40,2	-44,5
Piastra	1,76	-0,47	919,1	0,0	0,0	-20,8	-52,6

Condizione n° 7 - Condizione 7-RICOPRIMENTO
Carichi distribuiti

Ic	Pis	Psd	Qz1	Qz2	Qz3	Qz4	Qx	Qy
	[m]	[m]	[kg/mq]	[kg/mq]	[kg/mq]	[kg/mq]	[kg/mq]	[kg/mq]
1	-10,70; -10,70	10,70; 10,70	3000,00	3000,00	3000,00	3000,00	0,00	0,00

Normativa - Coefficienti di sicurezza
Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente parziale	(A1) - STR	(A2) - GEO
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1,fav}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{G1,sfav}$	1.35	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevole	$\gamma_{G2,fav}$	0.90	0.00
Permanenti non strutturali	Sfavorevole	$\gamma_{G2,sfav}$	1.35	1.35
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Q1,fav}$	0.90	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Q1,sfav}$	1.50	1.50
Variabili traffico	Favorevole	$\gamma_{Q,fav}$	1.00	1.00
Variabili traffico	Sfavorevole	$\gamma_{Q,sfav}$	1.00	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA	Coefficiente parziale	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi^k$	γ_ϕ	1.00	1.25
Coesione efficace	c^k	γ_c	1.00	1.25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1.00	1.40

Coefficienti parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche (Pali trivellati)

Resistenza	γ_R	(R1)	(R2)	(R3)
Base	γ_b	1.00	1.70	1.35
Laterale in compressione	γ_s	1.00	1.45	1.15
Totale	γ_t	1.00	1.60	1.30
Laterale in trazione	γ_{st}	1.00	1.60	1.25

Coefficienti parziali γ_T per le verifiche agli stati limite ultimi di pali soqgetti a carichi trasversali

γ_T	(R1)	(R2)	(R3)
γ_T	1.00	1.60	1.30

Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate

Numero di verticali indagate	ξ_3	ξ_4
1	1.70	1.70

Elenco combinazioni di calcolo

Numero combinazioni definite 8

Simbologia adottata

CP Coefficiente di partecipazione della condizione

Combinazione n° 1 - A1-M1-R1

Condizione	CP
Peso proprio	1.35
Condizione 1 - Torre	1.35
Condizione 7-RICOPRIMENTO	1.35
Condizione 2 - IEC Mbt MAX	1.50

Combinazione n° 2 - A1-M1-R1

Condizione	CP
Peso proprio	1.35
Condizione 1 - Torre	1.35
Condizione 7-RICOPRIMENTO	1.35
Condizione 3 - IEC Mz MAX	1.50

Combinazione n° 3 - A1-M1-R1

Condizione	CP
Peso proprio	1.35
Condizione 1 - Torre	1.35
Condizione 7-RICOPRIMENTO	1.35
Condizione 4 - IEC Fz Max	1.50

Combinazione n° 4 - A2-M2-R2

Condizione	CP
Peso proprio	1.00
Condizione 1 - Torre	1.00
Condizione 7-RICOPRIMENTO	1.35
Condizione 2 - IEC Mbt MAX	1.30

Combinazione n° 5 - A2-M2-R2

Condizione	CP
Peso proprio	1.00
Condizione 1 - Torre	1.00
Condizione 7-RICOPRIMENTO	1.35
Condizione 3 - IEC Mz MAX	1.30

Combinazione n° 6 - A2-M2-R2

Condizione	CP
Peso proprio	1.00
Condizione 1 - Torre	1.00
Condizione 7-RICOPRIMENTO	1.35
Condizione 4 - IEC Fz Max	1.30

Combinazione n° 7 - SLER

Condizione	CP
Peso proprio	1.00
Condizione 1 - Torre	1.00
Condizione 7-RICOPRIMENTO	1.00
Condizione 5 - SLE CH	1.00

RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

REALIZZAZIONE IMPIANTO EOLICO "CRAVAREZZA"
 COMUNI CALICE LIGURE MALLARE ORCO FEGLINO E ALTARE (SV)
 PROGETTO DEFINITIVO

Combinazione n° 8 - SLER

Condizione	CP
Peso proprio	1.00
Condizione 1 - Torre	1.00
Condizione 7-RICOPRIMENTO	1.00
Condizione 6 -SLE PR	1.00

Impostazioni di analisi

Portanza verticale pali

Metodo calcolo portanza: Berezantzev

Portanza trasversale pali

Costante di Winkler

Rottura palo-terreno

Cedimenti

Metodo calcolo cedimenti: Elementi finiti

Modello

Caratteristiche Mesh

Numero elementi 1862

Numero nodi 964

SollecitazioniPali

Simbologia adottata

n°	Identificativo sezione
Y	ordinata della sezione a partire dalla testa positiva verso il basso, espressa in [m]
Nr	sforzo normale a rottura, espresso in [kg]
Ne	sforzo normale in esercizio, espresso in [kg]
Tr	taglio a rottura, espresso in [kg]
Te	taglio in esercizio, espresso in [kg]
Mr	momento a rottura, espresso in [kgm]
Me	momento in esercizio, espresso in [kgm]

Palo n° 1

n°	Y	Ne	Nr	Te	Tr	Me	Mr
	[m]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kgm]	[kgm]
1	0,00	233452 (1)	743200 (1)	83 (1)	68764 (1)	0 (0)	0 (1)
11	2,50	235667 (1)	737146 (1)	2 (1)	7490 (1)	-100 (1)	-118243 (1)
21	5,00	236259 (1)	725626 (1)	-18 (1)	-21472 (1)	-74 (1)	-93513 (1)
31	7,50	235767 (1)	711247 (1)	-14 (1)	-17697 (1)	-31 (1)	-40881 (1)
41	10,00	234190 (1)	694009 (1)	-6 (1)	-7952 (1)	-5 (1)	-7841 (1)
51	12,50	231529 (1)	673913 (1)	-1 (1)	-1643 (1)	4 (1)	3996 (1)
61	15,00	227784 (1)	650959 (1)	1 (1)	688 (1)	4 (1)	4837 (1)
71	17,50	222954 (1)	625145 (1)	1 (1)	892 (1)	2 (1)	2636 (1)
81	20,00	217039 (1)	596473 (1)	0 (1)	474 (1)	1 (1)	845 (1)
91	22,50	210040 (1)	564943 (1)	0 (1)	116 (1)	0 (1)	106 (1)
101	25,00	201957 (1)	534121 (1)	0 (0)	0 (1)	0 (0)	0 (1)

Palo n° 2

n°	Y	Ne	Nr	Te	Tr	Me	Mr
	[m]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kgm]	[kgm]
1	0,00	233262 (2)	743200 (1)	83 (1)	68764 (1)	0 (0)	0 (1)
11	2,50	235479 (2)	737146 (1)	2 (1)	7490 (1)	-100 (1)	-118243 (1)
21	5,00	236074 (2)	725626 (1)	-18 (1)	-21472 (1)	-74 (1)	-93513 (1)
31	7,50	235586 (2)	711247 (1)	-14 (1)	-17697 (1)	-31 (1)	-40881 (1)
41	10,00	234014 (2)	694009 (1)	-6 (1)	-7952 (1)	-5 (1)	-7841 (1)
51	12,50	231358 (2)	673913 (1)	-1 (1)	-1643 (1)	4 (1)	3996 (1)
61	15,00	227618 (2)	650959 (1)	1 (1)	688 (1)	4 (1)	4837 (1)
71	17,50	222795 (2)	625145 (1)	1 (1)	892 (1)	2 (1)	2636 (1)
81	20,00	216887 (2)	596473 (1)	0 (1)	474 (1)	1 (1)	845 (1)

RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

REALIZZAZIONE IMPIANTO EOLICO "CRAVAREZZA"
 COMUNI CALICE LIGURE MALLARE ORCO Feglino E ALTARE (SV)
 PROGETTO DEFINITIVO

n°	Y	Ne	Nr	Te	Tr	Me	Mr
	[m]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kgm]	[kgm]
91	22,50	209896 (2)	564943 (1)	0 (1)	116 (1)	0 (1)	106 (1)
101	25,00	201822 (2)	534121 (1)	0 (0)	0 (1)	0 (0)	0 (1)

Palo n° 3

n°	Y	Ne	Nr	Te	Tr	Me	Mr
	[m]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kgm]	[kgm]
1	0,00	233100 (2)	743200 (1)	84 (1)	68764 (1)	0 (0)	0 (1)
11	2,50	235318 (2)	737146 (1)	2 (1)	7490 (1)	-101 (1)	-118243 (1)
21	5,00	235916 (2)	725626 (1)	-19 (1)	-21472 (1)	-75 (1)	-93513 (1)
31	7,50	235430 (2)	711247 (1)	-14 (1)	-17697 (1)	-31 (1)	-40881 (1)
41	10,00	233862 (2)	694009 (1)	-6 (1)	-7952 (1)	-5 (1)	-7841 (1)
51	12,50	231210 (2)	673913 (1)	-1 (1)	-1643 (1)	4 (1)	3996 (1)
61	15,00	227476 (2)	650959 (1)	1 (1)	688 (1)	4 (1)	4837 (1)
71	17,50	222658 (2)	625145 (1)	1 (1)	892 (1)	2 (1)	2636 (1)
81	20,00	216757 (2)	596473 (1)	0 (1)	474 (1)	1 (1)	845 (1)
91	22,50	209773 (2)	564943 (1)	0 (1)	116 (1)	0 (1)	106 (1)
101	25,00	201705 (2)	534121 (1)	0 (0)	0 (1)	0 (0)	0 (1)

Palo n° 4

n°	Y	Ne	Nr	Te	Tr	Me	Mr
	[m]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kgm]	[kgm]
1	0,00	232992 (2)	743200 (1)	85 (1)	68764 (1)	0 (0)	0 (1)
11	2,50	235211 (2)	737146 (1)	2 (1)	7490 (1)	-103 (1)	-118243 (1)
21	5,00	235811 (2)	725626 (1)	-19 (1)	-21472 (1)	-76 (1)	-93513 (1)
31	7,50	235328 (2)	711247 (1)	-14 (1)	-17697 (1)	-32 (1)	-40881 (1)
41	10,00	233762 (2)	694009 (1)	-6 (1)	-7952 (1)	-5 (1)	-7841 (1)
51	12,50	231113 (2)	673913 (1)	-1 (1)	-1643 (1)	4 (1)	3996 (1)
61	15,00	227381 (2)	650959 (1)	1 (1)	688 (1)	4 (1)	4837 (1)
71	17,50	222567 (2)	625145 (1)	1 (1)	892 (1)	2 (1)	2636 (1)
81	20,00	216670 (2)	596473 (1)	0 (1)	474 (1)	1 (1)	845 (1)
91	22,50	209691 (2)	564943 (1)	0 (1)	116 (1)	0 (1)	106 (1)
101	25,00	201628 (2)	534121 (1)	0 (0)	0 (1)	0 (0)	0 (1)

Palo n° 5

n°	Y	Ne	Nr	Te	Tr	Me	Mr
	[m]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kgm]	[kgm]
1	0,00	232954 (2)	743200 (1)	86 (1)	68764 (1)	0 (0)	0 (1)
11	2,50	235174 (2)	737146 (1)	2 (1)	7490 (1)	-104 (1)	-118243 (1)
21	5,00	235774 (2)	725626 (1)	-19 (1)	-21472 (1)	-77 (1)	-93513 (1)
31	7,50	235291 (2)	711247 (1)	-15 (1)	-17697 (1)	-32 (1)	-40881 (1)
41	10,00	233726 (2)	694009 (1)	-6 (1)	-7952 (1)	-5 (1)	-7841 (1)
51	12,50	231078 (2)	673913 (1)	-1 (1)	-1643 (1)	4 (1)	3996 (1)
61	15,00	227348 (2)	650959 (1)	1 (1)	688 (1)	4 (1)	4837 (1)
71	17,50	222535 (2)	625145 (1)	1 (1)	892 (1)	2 (1)	2636 (1)
81	20,00	216640 (2)	596473 (1)	0 (1)	474 (1)	1 (1)	845 (1)
91	22,50	209662 (2)	564943 (1)	0 (1)	116 (1)	0 (1)	106 (1)
101	25,00	201601 (2)	534121 (1)	0 (0)	0 (1)	0 (0)	0 (1)

Palo n° 6

n°	Y	Ne	Nr	Te	Tr	Me	Mr
	[m]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kgm]	[kgm]
1	0,00	232986 (2)	743200 (1)	91 (7)	68764 (1)	0 (0)	0 (1)
11	2,50	235205 (2)	737146 (1)	2 (7)	7490 (1)	-110 (7)	-118243 (1)
21	5,00	235804 (2)	725626 (1)	-20 (7)	-21472 (1)	-82 (7)	-93513 (1)
31	7,50	235321 (2)	711247 (1)	-15 (7)	-17697 (1)	-34 (7)	-40881 (1)
41	10,00	233756 (2)	694009 (1)	-7 (7)	-7952 (1)	-6 (7)	-7841 (1)
51	12,50	231107 (2)	673913 (1)	-1 (7)	-1643 (1)	4 (7)	3996 (1)
61	15,00	227376 (2)	650959 (1)	1 (7)	688 (1)	4 (7)	4837 (1)
71	17,50	222562 (2)	625145 (1)	1 (7)	892 (1)	2 (7)	2636 (1)
81	20,00	216665 (2)	596473 (1)	0 (7)	474 (1)	1 (7)	845 (1)
91	22,50	209686 (2)	564943 (1)	0 (7)	116 (1)	0 (7)	106 (1)

RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

REALIZZAZIONE IMPIANTO EOLICO "CRAVAREZZA"
 COMUNI CALICE LIGURE MALLARE ORCO FEGGINO E ALTARE (SV)
 PROGETTO DEFINITIVO

n°	Y	Ne	Nr	Te	Tr	Me	Mr
	[m]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kgm]	[kgm]
101	25,00	201624 (2)	534121 (1)	0 (7)	0 (1)	0 (0)	0 (1)

Palo n° 7

n°	Y	Ne	Nr	Te	Tr	Me	Mr
	[m]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kgm]	[kgm]
1	0,00	233099 (2)	743200 (1)	109 (7)	68764 (1)	0 (0)	0 (1)
11	2,50	235317 (2)	737146 (1)	3 (7)	7490 (1)	-132 (7)	-118243 (1)
21	5,00	235915 (2)	725626 (1)	-24 (7)	-21472 (1)	-97 (7)	-93513 (1)
31	7,50	235430 (2)	711247 (1)	-18 (7)	-17697 (1)	-41 (7)	-40881 (1)
41	10,00	233862 (2)	694009 (1)	-8 (7)	-7952 (1)	-7 (7)	-7841 (1)
51	12,50	231210 (2)	673913 (1)	-1 (7)	-1643 (1)	5 (7)	3996 (1)
61	15,00	227475 (2)	650959 (1)	1 (7)	688 (1)	5 (7)	4837 (1)
71	17,50	222657 (2)	625145 (1)	1 (7)	892 (1)	3 (7)	2636 (1)
81	20,00	216756 (2)	596473 (1)	0 (7)	474 (1)	1 (7)	845 (1)
91	22,50	209772 (2)	564943 (1)	0 (7)	116 (1)	0 (7)	106 (1)
101	25,00	201705 (2)	534121 (1)	0 (7)	0 (1)	0 (0)	0 (1)

Palo n° 8

n°	Y	Ne	Nr	Te	Tr	Me	Mr
	[m]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kgm]	[kgm]
1	0,00	233264 (2)	743200 (1)	116 (7)	68764 (1)	0 (0)	0 (1)
11	2,50	235480 (2)	737146 (1)	3 (7)	7490 (1)	-140 (7)	-118243 (1)
21	5,00	236076 (2)	725626 (1)	-25 (7)	-21472 (1)	-103 (7)	-93513 (1)
31	7,50	235587 (2)	711247 (1)	-20 (7)	-17697 (1)	-43 (7)	-40881 (1)
41	10,00	234015 (2)	694009 (1)	-8 (7)	-7952 (1)	-7 (7)	-7841 (1)
51	12,50	231359 (2)	673913 (1)	-2 (7)	-1643 (1)	5 (7)	3996 (1)
61	15,00	227619 (2)	650959 (1)	1 (7)	688 (1)	5 (7)	4837 (1)
71	17,50	222796 (2)	625145 (1)	1 (7)	892 (1)	3 (7)	2636 (1)
81	20,00	216888 (2)	596473 (1)	1 (7)	474 (1)	1 (7)	845 (1)
91	22,50	209897 (2)	564943 (1)	0 (7)	116 (1)	0 (7)	106 (1)
101	25,00	201822 (2)	534121 (1)	0 (7)	0 (1)	0 (0)	0 (1)

Palo n° 9

n°	Y	Ne	Nr	Te	Tr	Me	Mr
	[m]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kgm]	[kgm]
1	0,00	233463 (1)	743200 (1)	118 (7)	68764 (1)	0 (0)	0 (1)
11	2,50	235678 (1)	737146 (1)	3 (7)	7490 (1)	-142 (7)	-118243 (1)
21	5,00	236270 (1)	725626 (1)	-26 (7)	-21472 (1)	-105 (7)	-93513 (1)
31	7,50	235778 (1)	711247 (1)	-20 (7)	-17697 (1)	-44 (7)	-40881 (1)
41	10,00	234201 (1)	694009 (1)	-9 (7)	-7952 (1)	-7 (7)	-7841 (1)
51	12,50	231539 (1)	673913 (1)	-2 (7)	-1643 (1)	5 (7)	3996 (1)
61	15,00	227794 (1)	650959 (1)	1 (7)	688 (1)	6 (7)	4837 (1)
71	17,50	222963 (1)	625145 (1)	1 (7)	892 (1)	3 (7)	2636 (1)
81	20,00	217048 (1)	596473 (1)	1 (7)	474 (1)	1 (7)	845 (1)
91	22,50	210049 (1)	564943 (1)	0 (7)	116 (1)	0 (7)	106 (1)
101	25,00	201965 (1)	534121 (1)	0 (7)	0 (1)	0 (0)	0 (1)

Palo n° 10

n°	Y	Ne	Nr	Te	Tr	Me	Mr
	[m]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kgm]	[kgm]
1	0,00	234252 (1)	743200 (1)	116 (7)	68764 (1)	0 (0)	0 (1)
11	2,50	236460 (1)	737146 (1)	3 (7)	7490 (1)	-140 (7)	-118243 (1)
21	5,00	237040 (1)	725626 (1)	-25 (7)	-21472 (1)	-103 (7)	-93513 (1)
31	7,50	236532 (1)	711247 (1)	-20 (7)	-17697 (1)	-43 (7)	-40881 (1)
41	10,00	234938 (1)	694009 (1)	-8 (7)	-7952 (1)	-7 (7)	-7841 (1)
51	12,50	232255 (1)	673913 (1)	-2 (7)	-1643 (1)	5 (7)	3996 (1)
61	15,00	228485 (1)	650959 (1)	1 (7)	688 (1)	5 (7)	4837 (1)
71	17,50	223627 (1)	625145 (1)	1 (7)	892 (1)	3 (7)	2636 (1)
81	20,00	217682 (1)	596473 (1)	1 (7)	474 (1)	1 (7)	845 (1)
91	22,50	210649 (1)	564943 (1)	0 (7)	116 (1)	0 (7)	106 (1)
101	25,00	202529 (1)	534121 (1)	0 (7)	0 (1)	0 (0)	0 (1)

RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

REALIZZAZIONE IMPIANTO EOLICO "CRAVAREZZA"
 COMUNI CALICE LIGURE MALLARE ORCO FEGLINO E ALTARE (SV)
 PROGETTO DEFINITIVO

Palo n° 11

n°	Y [m]	Ne [kg]	Nr [kg]	Te [kg]	Tr [kg]	Me [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	234945 (1)	743200 (1)	109 (7)	68764 (1)	0 (0)	0 (1)
11	2,50	237146 (1)	737146 (1)	3 (7)	7490 (1)	-132 (7)	-118243 (1)
21	5,00	237715 (1)	725626 (1)	-24 (7)	-21472 (1)	-97 (7)	-93513 (1)
31	7,50	237195 (1)	711247 (1)	-18 (7)	-17697 (1)	-41 (7)	-40881 (1)
41	10,00	235584 (1)	694009 (1)	-8 (7)	-7952 (1)	-7 (7)	-7841 (1)
51	12,50	232883 (1)	673913 (1)	-1 (7)	-1643 (1)	5 (7)	3996 (1)
61	15,00	229092 (1)	650959 (1)	1 (7)	688 (1)	5 (7)	4837 (1)
71	17,50	224210 (1)	625145 (1)	1 (7)	892 (1)	3 (7)	2636 (1)
81	20,00	218238 (1)	596473 (1)	0 (7)	474 (1)	1 (7)	845 (1)
91	22,50	211176 (1)	564943 (1)	0 (7)	116 (1)	0 (7)	106 (1)
101	25,00	203024 (1)	534121 (1)	0 (7)	0 (1)	0 (0)	0 (1)

Palo n° 12

n°	Y [m]	Ne [kg]	Nr [kg]	Te [kg]	Tr [kg]	Me [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	235397 (1)	743200 (1)	91 (7)	68764 (1)	0 (0)	0 (1)
11	2,50	237593 (1)	737146 (1)	2 (7)	7490 (1)	-110 (7)	-118243 (1)
21	5,00	238156 (1)	725626 (1)	-20 (7)	-21472 (1)	-82 (7)	-93513 (1)
31	7,50	237626 (1)	711247 (1)	-15 (7)	-17697 (1)	-34 (7)	-40881 (1)
41	10,00	236005 (1)	694009 (1)	-7 (7)	-7952 (1)	-6 (7)	-7841 (1)
51	12,50	233292 (1)	673913 (1)	-1 (7)	-1643 (1)	4 (7)	3996 (1)
61	15,00	229487 (1)	650959 (1)	1 (7)	688 (1)	4 (7)	4837 (1)
71	17,50	224590 (1)	625145 (1)	1 (7)	892 (1)	2 (7)	2636 (1)
81	20,00	218601 (1)	596473 (1)	0 (7)	474 (1)	1 (7)	845 (1)
91	22,50	211520 (1)	564943 (1)	0 (7)	116 (1)	0 (7)	106 (1)
101	25,00	203347 (1)	534121 (1)	0 (7)	0 (1)	0 (0)	0 (1)

Palo n° 13

n°	Y [m]	Ne [kg]	Nr [kg]	Te [kg]	Tr [kg]	Me [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	235541 (1)	743200 (1)	86 (1)	68764 (1)	0 (0)	0 (1)
11	2,50	237736 (1)	737146 (1)	2 (1)	7490 (1)	-104 (1)	-118243 (1)
21	5,00	238296 (1)	725626 (1)	-19 (1)	-21472 (1)	-77 (1)	-93513 (1)
31	7,50	237764 (1)	711247 (1)	-15 (1)	-17697 (1)	-32 (1)	-40881 (1)
41	10,00	236140 (1)	694009 (1)	-6 (1)	-7952 (1)	-5 (1)	-7841 (1)
51	12,50	233423 (1)	673913 (1)	-1 (1)	-1643 (1)	4 (1)	3996 (1)
61	15,00	229613 (1)	650959 (1)	1 (1)	688 (1)	4 (1)	4837 (1)
71	17,50	224711 (1)	625145 (1)	1 (1)	892 (1)	2 (1)	2636 (1)
81	20,00	218717 (1)	596473 (1)	0 (1)	474 (1)	1 (1)	845 (1)
91	22,50	211630 (1)	564943 (1)	0 (1)	116 (1)	0 (1)	106 (1)
101	25,00	203450 (1)	534121 (1)	0 (0)	0 (1)	0 (0)	0 (1)

Palo n° 14

n°	Y [m]	Ne [kg]	Nr [kg]	Te [kg]	Tr [kg]	Me [kgm]	Mr [kgm]
1	0,00	235397 (1)	743200 (1)	85 (1)	68764 (1)	0 (0)	0 (1)
11	2,50	237594 (1)	737146 (1)	2 (1)	7490 (1)	-103 (1)	-118243 (1)
21	5,00	238156 (1)	725626 (1)	-19 (1)	-21472 (1)	-76 (1)	-93513 (1)
31	7,50	237627 (1)	711247 (1)	-14 (1)	-17697 (1)	-32 (1)	-40881 (1)
41	10,00	236006 (1)	694009 (1)	-6 (1)	-7952 (1)	-5 (1)	-7841 (1)
51	12,50	233293 (1)	673913 (1)	-1 (1)	-1643 (1)	4 (1)	3996 (1)
61	15,00	229488 (1)	650959 (1)	1 (1)	688 (1)	4 (1)	4837 (1)
71	17,50	224591 (1)	625145 (1)	1 (1)	892 (1)	2 (1)	2636 (1)
81	20,00	218602 (1)	596473 (1)	0 (1)	474 (1)	1 (1)	845 (1)
91	22,50	211521 (1)	564943 (1)	0 (1)	116 (1)	0 (1)	106 (1)
101	25,00	203348 (1)	534121 (1)	0 (0)	0 (1)	0 (0)	0 (1)

Palo n° 15

RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

REALIZZAZIONE IMPIANTO EOLICO "CRAVAREZZA"
 COMUNI CALICE LIGURE MALLARE ORCO FEGLINO E ALTARE (SV)
 PROGETTO DEFINITIVO

n°	Y	Ne	Nr	Te	Tr	Me	Mr
	[m]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kgm]	[kgm]
1	0,00	234951 (1)	743200 (1)	84 (1)	68764 (1)	0 (0)	0 (1)
11	2,50	237151 (1)	737146 (1)	2 (1)	7490 (1)	-101 (1)	-118243 (1)
21	5,00	237721 (1)	725626 (1)	-19 (1)	-21472 (1)	-75 (1)	-93513 (1)
31	7,50	237200 (1)	711247 (1)	-14 (1)	-17697 (1)	-31 (1)	-40881 (1)
41	10,00	235589 (1)	694009 (1)	-6 (1)	-7952 (1)	-5 (1)	-7841 (1)
51	12,50	232888 (1)	673913 (1)	-1 (1)	-1643 (1)	4 (1)	3996 (1)
61	15,00	229096 (1)	650959 (1)	1 (1)	688 (1)	4 (1)	4837 (1)
71	17,50	224215 (1)	625145 (1)	1 (1)	892 (1)	2 (1)	2636 (1)
81	20,00	218243 (1)	596473 (1)	0 (1)	474 (1)	1 (1)	845 (1)
91	22,50	211181 (1)	564943 (1)	0 (1)	116 (1)	0 (1)	106 (1)
101	25,00	203028 (1)	534121 (1)	0 (0)	0 (1)	0 (0)	0 (1)

Palo n° 16

n°	Y	Ne	Nr	Te	Tr	Me	Mr
	[m]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kgm]	[kgm]
1	0,00	234258 (1)	743200 (1)	83 (1)	68764 (1)	0 (0)	0 (1)
11	2,50	236465 (1)	737146 (1)	2 (1)	7490 (1)	-100 (1)	-118243 (1)
21	5,00	237045 (1)	725626 (1)	-18 (1)	-21472 (1)	-74 (1)	-93513 (1)
31	7,50	236538 (1)	711247 (1)	-14 (1)	-17697 (1)	-31 (1)	-40881 (1)
41	10,00	234943 (1)	694009 (1)	-6 (1)	-7952 (1)	-5 (1)	-7841 (1)
51	12,50	232260 (1)	673913 (1)	-1 (1)	-1643 (1)	4 (1)	3996 (1)
61	15,00	228490 (1)	650959 (1)	1 (1)	688 (1)	4 (1)	4837 (1)
71	17,50	223632 (1)	625145 (1)	1 (1)	892 (1)	2 (1)	2636 (1)
81	20,00	217687 (1)	596473 (1)	0 (1)	474 (1)	1 (1)	845 (1)
91	22,50	210654 (1)	564943 (1)	0 (1)	116 (1)	0 (1)	106 (1)
101	25,00	202533 (1)	534121 (1)	0 (0)	0 (1)	0 (0)	0 (1)

Verifiche geotecniche**Carico limite****Pali****Simbologia adottata**

n°	Indice palo
Oggetto	Oggetto di appartenenza del palo (Piastra, Plinto o Trave)
N	Carico verticale agente alla testa del palo, espresso in [kg]
Pd	Portanza di progetto, espresso in [kg]
FSv	Fattore di sicurezza (Pd/N). Tra parentesi l'indice della combinazione con fattore di sicurezza minimo.
T	Carico orizzontale agente alla testa del palo, espresso in [kg]
Td	Portanza trasversale di progetto, espresso in [kg]
FSo	Fattore di sicurezza (Vd/V). Tra parentesi l'indice della combinazione con fattore di sicurezza minimo.

n°	Oggetto	N	Pd	FSv	T	Td	FSo
		[kg]	[kg]		[kg]	[kg]	
1	Piastra 1	196531	221281	1.126 (4)	77	42977	555.508 (4)
2	Piastra 1	196367	221281	1.127 (5)	78	42977	553.689 (4)
3	Piastra 1	196226	221281	1.128 (5)	78	42977	548.845 (4)
4	Piastra 1	196133	221281	1.128 (5)	79	42977	542.338 (4)
5	Piastra 1	196100	221281	1.128 (5)	80	42977	535.707 (4)
6	Piastra 1	196127	221281	1.128 (5)	83	42977	516.575 (5)
7	Piastra 1	196225	221281	1.128 (5)	89	42977	483.913 (5)
8	Piastra 1	196367	221281	1.127 (5)	92	42977	465.267 (5)
9	Piastra 1	196540	221281	1.126 (4)	94	42977	459.215 (5)
10	Piastra 1	197225	221281	1.122 (4)	92	42977	465.260 (5)
11	Piastra 1	197825	221281	1.119 (4)	89	42977	483.918 (5)
12	Piastra 1	198216	221281	1.116 (4)	83	42977	516.574 (5)
13	Piastra 1	198342	221281	1.116 (4)	80	42977	535.697 (4)
14	Piastra 1	198217	221281	1.116 (4)	79	42977	542.333 (4)
15	Piastra 1	197830	221281	1.119 (4)	78	42977	548.850 (4)
16	Piastra 1	197229	221281	1.122 (4)	78	42977	553.714 (4)

Dettagli calcolo portanza verticale**Simbologia adottata**

n°	Indice palo
Oggetto	Oggetto di appartenenza del palo (Piastra, Plinto o Trave)
Nc, Nq	Coeff. di capacità portante

RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

REALIZZAZIONE IMPIANTO EOLICO "CRAVAREZZA"
 COMUNI CALICE LIGURE MALLARE ORCO FEGLIANO E ALTARE (SV)
 PROGETTO DEFINITIVO

N'c, N'q Coeff. di capacità portante corretti
 Zc Profondità andamento pressione geostatica, espressa in [m]
 Pp, PI Portanza di punta e laterale caratteristica, espresse in [kg]
 A Attrito negativo, espresso in [kg]

n°	Oggetto	Nc	N'c	Nq	N'q	Pp	PI
						[kg]	[kg]
1	Piastra 1	40.673	40.673	21.724	21.724	532337	212407
						532337	212407
2	Piastra 1	40.673	40.673	21.724	21.724	532337	212407
						532337	212407
3	Piastra 1	40.673	40.673	21.724	21.724	532337	212407
						532337	212407
4	Piastra 1	40.673	40.673	21.724	21.724	532337	212407
						532337	212407
5	Piastra 1	40.673	40.673	21.724	21.724	532337	212407
						532337	212407
6	Piastra 1	40.673	40.673	21.724	21.724	532337	212407
						532337	212407
7	Piastra 1	40.673	40.673	21.724	21.724	532337	212407
						532337	212407
8	Piastra 1	40.673	40.673	21.724	21.724	532337	212407
						532337	212407
9	Piastra 1	40.673	40.673	21.724	21.724	532337	212407
						532337	212407
10	Piastra 1	40.673	40.673	21.724	21.724	532337	212407
						532337	212407
11	Piastra 1	40.673	40.673	21.724	21.724	532337	212407
						532337	212407
12	Piastra 1	40.673	40.673	21.724	21.724	532337	212407
						532337	212407
13	Piastra 1	40.673	40.673	21.724	21.724	532337	212407
						532337	212407
14	Piastra 1	40.673	40.673	21.724	21.724	532337	212407
						532337	212407
15	Piastra 1	40.673	40.673	21.724	21.724	532337	212407
						532337	212407
16	Piastra 1	40.673	40.673	21.724	21.724	532337	212407
						532337	212407

Cedimenti**Pali**

Simbologia adottata

Ip Indice palo
 w Cedimento verticale, espressa in [cm]
 Ic Indice della combinazione

Ip	w	Ic
	[cm]	
1	0,3022	7
2	0,3016	8
3	0,3011	8
4	0,3008	8
5	0,3007	8
6	0,3008	8
7	0,3011	8
8	0,3016	8
9	0,3022	7
10	0,3031	7
11	0,3039	7
12	0,3045	7
13	0,3046	7
14	0,3045	7
15	0,3039	7
16	0,3031	7

12 CONCLUSIONI

Il progetto definitivo di cui è stato effettuato lo studio strutturale e geotecnico consiste nella realizzazione di un parco eolico costituito da sette aerogeneratori da 4,30 MW ciascuno ubicato nel Comune di Calice Ligure in Provincia di Savona

Alla luce dello studio geologico redatto dal dott. Salvatore Cipolla è stato possibile costruire un modello geotecnico del terreno commisurato al livello di progettazione in essere.

Pur non competendo a questa fase progettuale, si è scelto di eseguire un dimensionamento delle fondazioni mediante software FEM.

Il risultato delle verifiche ha condotto a fondazioni indirette costituite da un plinto circolare, avente diametro pari a 21,40 m, posto su 16 pali di diametro $\Phi 1000$ e lunghezza pari a 25,00 m. La piastra di fondazione dovrà avere forma in pianta circolare e sezione trapezia con altezza al bordo pari a 1,60 m e in corrispondenza della parte centrale pari a 2,40 m, a cui si aggiungono altri 65 cm di colletto. Quanto sopra descritto garantisce la fattibilità geotecnico-strutturale dell'impianto.