



REGIONE CAMPANIA
PROVINCIA DI BENEVENTO
COMUNI DI MORCONE E CAMPOLATTARO



**REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO PER LA PRODUZIONE
DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE EOLICA
NEI COMUNI DI MORCONE E CAMPOLATTARO (BN)**

PROGETTO DEFINITIVO

REMCA_R21_REV1

RELAZIONE PRELIMINARE SULLE FONDAZIONI
ALTERNATIVA 1

REVISIONI	N.	DATA	DESCRIZIONE	RED.	VER.	APP.	SCALA:									
	A	20/07/2020	Prima emissione													
B	05.10.2021	Alternativa 1				CODIFICA:										
						<table border="1"><tr><td>---</td><td>P</td><td>D</td></tr></table>	---	P	D							
---	P	D														
						<table border="1"><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr></table>										

PROGETTAZIONE

IL PROGETTISTA



ENERGY & ENGINEERING S.R.L.

Via XXIII Luglio 139

83044 - Bisaccia (AV)

P.IVA 02618900647

Tel./Fax. 0827/81480

pec: energyengineering@legalmail.it

Ing. Davide G. Trivelli



IL COMMITTENTE

Renexia SpA

Viale Abruzzo 410

66100 - Chieti Scalo (CH)

P.IVA 02192110696

Tel. 0871 58745



*PROGETTO DEFINITIVO
DI UNA CENTRALE EOLICA IN LOCALITA'
SCHIAVONI DI MORCONE.*

**RELAZIONE PRELIMINARE SULLE
FONDAZIONI**

Sommario

PREMESSA.....	2
1. PROPRIETA' FISICHE E MECCANICHE DEI TERRENI.....	2
2. VERIFICHE	3
3. FONDAZIONI PROFONDE.....	4

PREMESSA

Nella presente relazione è descritto, in via preliminare e indicativamente, il dimensionamento delle fondazioni degli aerogeneratori del parco eolico in progetto, ubicato nel Comune di Morcone, in Provincia di Benevento, Regione Campania.

In particolare tale parco eolico, costituito in totale da n° 8 aerogeneratori che coinvolge la località “Schiavoni.

Per semplicità costruttiva, essendo in presenza di caratteristiche geologiche e litostratigrafiche simili, è stata prevista la medesima geometria per le fondazioni di tutti 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.

1. PROPRIETA' FISICHE E MECCANICHE DEI TERRENI

Le litologie affioranti nell'area oggetto di studio sono comunemente attribuite all'Unità del Sannio (Patacca & Scandone, 2005 e referenze incluse) facente parte del dominio tettonico della catena dell'Appennino Meridionale.

Le successioni stratigrafiche attribuite in letteratura all'Unità del Sannio, affiorano a partire dall'alto Molise sino alla Basilicata meridionale.

L'intera sequenza stratigrafica, mostra uno spessore massimo di circa 1500 m. (Selli, 1962), all'interno dei quali sono ben riconoscibili diversi intervalli, caratterizzati da peculiari associazioni litologiche.

L'intero record stratigrafico, copre un arco di tempo che va dal Cretaceo Superiore (Cenomaniano) al Miocene Medio (Serravalliano).

La successione, inizia con 150-200 m di argille policrome, “Argille Varicolori” Auct., alle quali sono intercalate torbiditi calcaree, radiolariti e argilliti nere di età sino al Turoniano.

In sequenza stratigrafica, seguono delle torbiditi calcaree a granulometria molto fine, intervallate a calciruditi e argilliti-siltiti grigie (complessivamente 80 m circa di spessore), prevalentemente silicee (Formazione di Monte Coppe di Selli, 1962 e 1964).

A seguire, nel Paleocene-Oligocene Inferiore si depongono torbiditi a prevalente frazione carbonatica intercalate a livelli di marne e argille, per uno spessore complessivo non superiore ai 300 m.

All'interno di questo intervallo sono state distinte in letteratura (Pescatore, 1965; Pagliaro, 1998) le Formazioni di Monte Calvello, Monaci, Morcone, Monte Coppe, Monte la Difenza e Vagliardara-Crocetto-Cardeto.

Il limite superiore del precedente intervallo corrisponde a un'importante superficie di disconformità caratterizzata da uno hiatus deposizionale che copre quasi per intero l'Oligocene (Pagliaro, 1998).

Al di sopra di questa superficie di discontinuità si depositano, durante l'Aquitano e il Burdigaliano, calcareniti e calcilutiti, passanti a marne contenenti sottili orizzonti di vulcanoclastiti per uno spessore complessivo di 80-100 m.

Gli ultimi due intervalli della successione dell'unità del Sannio, sono rappresentati da 500 metri di arenarie (Arenarie Numidiche o di Stigliano Auct.) del Burdigaliano Superiore e da torbiditi calcaree passanti ad arcose (Formazione di Serra Cortina, Langhiano-Serravaliano).

Le più recenti interpretazioni disponibili in letteratura (Patacca & Scandone, 2007; Carbone et alii, 1988; Carbone & Lentini, 1990), come già accennato in precedenza, attribuiscono la successione stratigrafica dell'unità del Sannio al dominio deposizionale del bacino di Lagonegro ed, in particolare, alla sua terminazione Nord.

Il territorio di stretto interesse, ricade in un'area caratterizzata dalla presenza della Formazione del Flysch Rosso-membro calcareo.

In particolare, è costituito da calciruditi, in strati e banchi massivi, brecciole calcaree e calcareniti, calcari cristallini, con intercalazioni di argille e marne argillose.

2. VERIFICHE

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.

Con opportune indagini geognostiche in situ si potrà verificare la profondità dal piano campagna a cui il substrato roccioso sarà rinvenuto integro, in ogni caso le strutture fondali delle opere in progetto saranno di tipo a platea con fondazione indiretta su pali, e 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.

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 Vs che può essere espressa come:

$$V_s = \Phi * P$$

ove P è la resistenza massima di un pilastro sottoposto a compressione semplice e Φ 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 11 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.

STRATIGRAFIA GEOTECNICA SCHEMATICA

n° strato	Profondità media base strato (m)	Simbolo	Descrizione	Parametri						
				γ_n	γ_{sat}	ϕ'	$\phi'^{(R)}$	E'	Eed	C
1	4.0-6.0		Limo argilloso - sabbioso	1,894	1,957	26,0	22,0	35	30	0,14
2	8.0-10.0		Argilla limosa	1,916	1,936	23,0	20,0	72	67	0,38
3	17.0-20.0		Argille	1,942	1,949	22,0	21,0	160	147	0,95
4	30,0		Argille marnose	1,933	1,939	32,0	31,0	155	143	0,48

ϕ' (°) = angolo d'attrito interno
 $\phi'^{(R)}$ = angolo d'attrito interno residuo
E' (kg/cm²) = modulo di Young
Eed (kg/cm²) = modulo edometrico
C (kg/cm²) = coesione drenata
 γ_{sat} (t/m³) = peso unità di volume saturo
 γ_n (t/m³) = peso unità di volume naturale

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.

3. FONDAZIONI PROFONDE

Come detto in precedenza, le fondazioni dei nostri aerogeneratori saranno del tipo indiretto su pali che andranno ad attestarsi nel "substrato flyshoide".

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 25.0 mt dal piano campagna laddove si rinvergono 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 $\varnothing = 1.0$ m. Per il valore del carico verticale di esercizio "N" si fa presente che è stato assunto un valori di "N" = 2265 KN (= 231 t). Il metodo di calcolo utilizzato dal programma permette di valutare separatamente, anche in terreni stratificati, sia la componente di **resistenza di punta** Q_p che la componente di **resistenza laterale** Q_s , la cui somma contribuisce alla determinazione del **carico limite** Q_{lim} .

Il programma calcola inoltre il fattore di sicurezza (FS) per le condizioni di carico previste dal progetto.

Per pali trivellati di grande diametro viene invece utilizzata la relazione proposta da Berezantzev:

$$Q_p = N_{q\sim} * Q_l$$

dove:

- $N_{q\sim}$ è una funzione dell'angolo di attrito definita attraverso una curva sperimentale.

In terreni coerenti è espressa invece dalla relazione:

$$Q_p = (Q_t + 9 * c_u) * A_p$$

dove:

- Q_t = tensione totale alla profondità della punta. La tensione totale ad una certa profondità è data dalla somma dei pesi di volume naturali o saturi moltiplicati per gli spessori degli strati sovrastanti;
- c_u = coesione non drenata.

La resistenza laterale del palo " Q_s " è calcolata, per pali con area della superficie laterale " A_s ", in terreni incoerenti, tramite l'espressione:

$$Q_s = (Q_a + m * k * Q_l) A_s$$

dove:

- Q_a (\leq coesione) = coefficiente di adesione tra terreno e palo;
- Q_l = tensione verticale efficace alla profondità data. La tensione efficace ad una certa profondità è data dalla somma dei pesi di volume naturali moltiplicati per gli spessori degli strati per la zona aerata, e dei pesi di volume saturi alleggeriti per la zona sommersa;
- m = coefficiente di attrito tra terreno e palo;
- k = coefficiente di spinta.

In terreni coerenti vale invece la relazione:

$$Q_s = Q_a * A_s$$

dove:

- Q_a (\leq coesione) = coefficiente di adesione tra terreno e palo. Deriva, tramite relazioni sperimentali, dal valore di coesione non drenata e dal tipo di palo.

La Q_s viene calcolata per via numerica, come somma dei contributi delle singole sezioni elementari del palo. Il carico limite Q_{lim} viene calcolato sulla base della geometria del palo e delle caratteristiche del terreno. È dato dalla somma della resistenza di punta Q_p e della resistenza laterale Q_s .

$$Q_{lim} = Q_p + Q_s$$

Infine il fattore di sicurezza FS è dato dall'espressione:

$$FS = Q_{lim} / (N + P_p)$$

dove:

- Q_{lim} = carico limite del palo;
- N = carico verticale di esercizio;
- P_p = peso proprio del palo, prodotto del volume del palo per il peso di volume del calcestruzzo, calcolato automaticamente dal programma.

In appendice sono allegati i tabulati di calcolo ed i relativi grafici (“carichi limite e carichi ammissibili” e “carico limite e coefficienti sicurezza”) in cui sarà possibile valutare con precisione le caratteristiche geometriche e/o costruttive dei pali che meglio si prestano allo scopo dal punto di vista tecnico ed economico.

Va comunque precisato che per verificare la rispondenza tra i valori di Q_{lim} emersi dai calcoli effettuati e quelli che si potrebbero riscontrare nella realtà si eseguiranno delle prove di carico su pali appositamente realizzati e rispondenti alle caratteristiche “geometriche” di progetto.

In genere le modalità di calcolo della Q_{lim} sono, infatti, di natura semiempirica e non sempre nella pratica vengono confermate le previsioni di progetto, che restano pur sempre una “stima” dei valori in oggetto, potendo essere queste talora cautelative e talora sovradimensionate rispetto alla reale “portanza” del complesso “palo-terreno”.

IL PROGETTISTA

