



Regione Basilicata



Provincia di Potenza



Comune Castelgrande



Comune Muro Lucano



Comune San Fele



Comune Rapone

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE
DI UN PARCO EOLICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA, DELLE OPERE
CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI
Comune di Castelgrande, Muro Lucano, San Fele e Rapone (PZ)

PROGETTO DEFINITIVO

A.11
*Relazione preliminare sulle
strutture*

Proponente



Eolica Muro Lucano Srl
Via del Gallitello 89 - 1° Piano Galleria
85100 - Potenza (PZ)

Progettista

Ing. Rossi Francesco Maria



Ing. Quirino Vassalli



Formato

Scala

Scala stampa

Revisione	Descrizione	Data	Preparato	Controllato	Approvato
00	Prima emissione	5/10/2018	AS	AS/QV	FR/QV/AS

INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. NORME E PRESCRIZIONI DI RIFERIMENTO.....	3
3. CARATTERISTICHE GENERALI	4
3.1. PROGETTO	4
3.2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	4
3.3. AZIONI SISMICHE	5
3.3.1. <i>Caratteristiche sismiche del sito</i>	9
4. SCHEMA DELL'AEROGENERATORE.....	11
4.1. FONDAZIONI DEGLI AEROGENERATORI	13
5. FONDAZIONI APPARECCHIATURE ELETTRICHE STAZIONE UTENTE	13
6. CANTIERIZZAZIONE.....	13
7. CONCLUSIONI.....	17

1. PREMESSA

Il progetto dell'impianto di produzione di energia da fonte eolica prevede la costruzione di platee di fondazione per sostenere la torre e tutta la struttura dell'aerogeneratore.

Anche le opere elettriche previste dal progetto necessitano di fondazioni, ed in particolare esse verranno realizzate per il sostegno dei manufatti e delle apparecchiature elettromeccaniche.

Il presente documento rappresenta la descrizione degli elementi caratterizzanti le varie opere di fondazione, in termini di caratteristiche tecniche tipiche, nel progetto di parco eolico proposta dalla società Eolica Muro Lucano S.r.l. da realizzarsi nei Comuni di Castelgrande, San Fele, Muro Lucano e Rapone.

Data la grande eterogeneità del terreno su cui verranno posizionati gli aerogeneratori, in questa fase preliminare ci si limita a ipotizzare una fondazione con palificazione tipica, demandando alla fase esecutiva, successiva all'esecuzione di indagini geotecniche e geologiche di dettaglio, il dimensionamento delle fondazioni per ciascuno aerogeneratore, verificandone il possesso dei requisiti di legge.

2. NORME E PRESCRIZIONI DI RIFERIMENTO

Le principali normative ed istruzioni di riferimento norme e disposizioni legislative riguardanti le fondazioni sono le seguenti:

- L. n. 1086 del 05.11.1971: Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato normale e precompresso e per le strutture metalliche;
- L. n. 64 del 02.02.1974: Provvedimenti per costruzioni con particolari prescrizioni per zone sismiche;
- D.M.LL.PP. 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 14.02.1992: Norme tecniche per l'esecuzione e il collaudo delle strutture delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche;

- Circ. Min. LL.PP. del 24.06.1993, n.37406: Istruzioni relative alle Norme tecniche per l'esecuzione e il collaudo delle strutture delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche;
- D.M.LL.PP. del 09.01.1996: Norme tecniche per l'esecuzione e il collaudo delle strutture delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche;
- Circ. Min. LL.PP. del 15.10.1996, n.252/STC: Istruzioni relative alle Norme tecniche per l'esecuzione e il collaudo delle strutture delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche;
- D.M.LL.PP. del 16.01.1996: Norme tecniche relative ai "Criteri per verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi";
- Circ. Min. LL.PP. del 04.07.1996, n.156/STC: Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri per verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi";
- D.M.LL.PP. del 16.01.1996: "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche";
- Circ. Min. LL.PP. del 10.04.1997, n. 65/AA.GG.: Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni in zona sismica";
- D.M. 14/01/2008, "Nuove norme tecniche per le costruzioni" (G.U. n. 29 del 4 febbraio 2008) - Cap. 6 "Progettazione Geotecnica".

3. CARATTERISTICHE GENERALI

3.1. Progetto

L'impianto eolico sarà costituito da 12 aerogeneratori di potenza unitaria 4,8 MW, ed una sottostazione elettrica ospitante, oltre ai manufatti come la cabina, alcune apparecchiature elettromeccaniche tra cui le principali sono trasformatore e compass.

3.2. Inquadramento geologico

Trattandosi di un'area spesso investigata dal punto di vista geotecnico al fine di realizzare tutto l'insediamento, come punto di partenza per l'analisi geologico/geotecnica del luogo, si sono raccolte ed esaminate le informazioni di letteratura disponibili per la zona.

Successivamente, si è provveduto ad effettuare delle misure in sito atte ad acquisire le caratteristiche geotecniche dei terreni oggetto dell'opera. Nella relazione geologica e nella relazione geotecnica sono stati descritti i risultati di questo tipo di indagini. Per gli scopi del progetto definitivo si farà riferimento ai valori misurati in sito per assegnare i parametri geotecnici ai terreni di fondazione.

Il terreno presenta caratteristiche non omogenee data la grande estensione dell'area di intervento.

3.3. Azioni sismiche

Secondo le nuove normative, l'azione sismica non dipende più dalla zona sismica con cui è classificato il Comune, ma è definita in base ad un reticolo di dati accelerometrici. Pertanto i dati necessari per la definizione dell'azione sismica sono le coordinate del sito ed il periodo di ritorno (TR).

Sono previste quattro Zone: 1, 2, 3 e 4, definite dalla OPCM n.3274 e confermate dalle Regioni.

Nel D.M. 14/01/2008 sono definiti quattro stati limite:

Stati Limite		P_{V_n} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Tabella 1 - Stati limite ai sensi del D.M. 14/01/2008

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva ¹	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Tabella 2 – Vita nominale V_N per vari tipi di opere

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Se $V_R \leq 35$ anni si pone comunque $V_R = 35$ anni.

Tabella 3 – Valori del coefficiente d'uso C_U

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale N_V per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N \times C_U$$

Stabiliti V_R e P_{VR} , l'azione sismica ovvero lo spettro di risposta, si definisce tramite la conoscenza dei coefficienti a_g , F_0 e T_C^* , desunti da apposite tabelle fornite dalla normativa (tabelle dei parametri spettrali).

Il periodo di ritorno T_R è funzione del periodo di riferimento (V_R) e della probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R (P_{VR}):

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

Nelle tabelle dei parametri spettrali si entra attraverso le coordinate geografiche del sito in esame e il valore di T_R , ottenendo appunto a_g , F_0 e T_C^* , definiti come:

a_g = accelerazione orizzontale massima al sito;

F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_C^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

Noti i valori a_g , F_0 e T_C^* si possono calcolare S_s e C_c :

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Tabella 4 – Espressioni di S_s e C_u

dove:

S_s = coefficiente di amplificazione stratigrafica;

C_c = coefficiente funzione della categoria del sottosuolo;

Dalla tabella seguente, si stabilisce invece il coefficiente S_T :

S_T = coefficiente di amplificazione stratigrafica;

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Tabella 5 – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Il prodotto dei coefficienti S_s e S_T , fornisce il coefficiente S , che è un coefficiente che tiene conto quindi, della categoria del sottosuolo e delle condizioni topografiche:

$$S = S_s * S_T$$

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima che investe l'opera costruenda in seguito ad un evento sismico può essere valutata con la relazione:

$$a_{max} = S * a_g = S_s * S_T * a_g$$

Sui rilievi collinari, la condizione di stato limite deve essere valutata con riferimento ai valori caratteristici dei parametri geotecnici e riferita alla superficie di scorrimento critica, caratterizzata dal minore margine di sicurezza. L'adeguatezza del margine di sicurezza nei confronti della stabilità del pendio deve essere valutata e motivata dal progettista.

In terreni saturi e in siti con accelerazione orizzontale massima attesa $a_{max} > 0,15g$, nell'analisi statica delle condizioni successive al sisma si deve tenere conto della possibile

riduzione della resistenza al taglio per incremento delle pressioni interstiziali o per decadimento delle caratteristiche di resistenza indotti dalle azioni sismiche.

Nell'analisi di stabilità di frane quiescenti, che possono essere riattivate dall'azione del sisma, si deve fare riferimento ai valori dei parametri di resistenza attinti a grandi deformazioni.

L'eventuale incremento di pressione interstiziale indotto dal sisma, da considerare in dipendenza della natura dei terreni, deve considerarsi uniformemente distribuito lungo la superficie di scorrimento critica.

Le analisi del comportamento dei pendii in condizioni sismiche possono essere svolte anche mediante il metodo degli spostamenti, in cui la massa di terreno potenzialmente in frana viene assimilata ad un corpo rigido che può muoversi rispetto al terreno stabile lungo una superficie di scorrimento. Il metodo permette la valutazione dello spostamento permanente indotto dal sisma nella massa di terreno potenzialmente instabile.

L'applicazione del metodo richiede che l'azione sismica di progetto sia rappresentata mediante storie temporali delle accelerazioni. Gli accelerogrammi impiegati nelle analisi, in numero non inferiore a 5, devono essere rappresentativi della sismicità del sito e la loro scelta deve essere adeguatamente giustificata.

Non è ammesso l'impiego di accelerogrammi artificiali.

Nel metodo degli spostamenti, la valutazione delle condizioni di stabilità del pendio è effettuata mediante il confronto tra lo spostamento calcolato per il cinematiso di collasso critico e valori limite o di soglia dello spostamento. La scelta dei valori limite di spostamento nei riguardi di condizioni di stato limite ultimo o di servizio deve essere effettuata e opportunamente motivata dal progettista.

Lo studio del comportamento in condizioni sismiche dei pendii può essere effettuato anche impiegando metodi avanzati di analisi dinamica, purché si tenga conto della natura polifase dei terreni e si descriva realisticamente il loro comportamento meccanico in condizioni cicliche. Per questi motivi, il ricorso alle analisi avanzate comporta indagini geotecniche adeguatamente approfondite.

3.3.1. Caratteristiche sismiche del sito

L'area indagata ricade nel comprensorio comunale di Castelgrande, San Fele, Muro Lucano e Rapone classificati come zona sismica 1, in base al D.G.R. n. 2000 del 04/11/2003.

In base dati di pericolosità sismica di base (griglia INGV) la zona è caratterizzata da un'accelerazione orizzontale (PV_R al 10% in 50 anni) maggiori di 0,25 g, corrispondente ad un'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastica pari a 0.35 a_g/g .

ZONA	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [a_g/g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [a_g/g]
1	> 0.25	0.35
2	0.15÷0.25	0.25
3	0.05÷0.15	0.15
4	< 0.05	0.05

Tabella 6 – Zone sismiche e valore dell'accelerazione orizzontale massima.

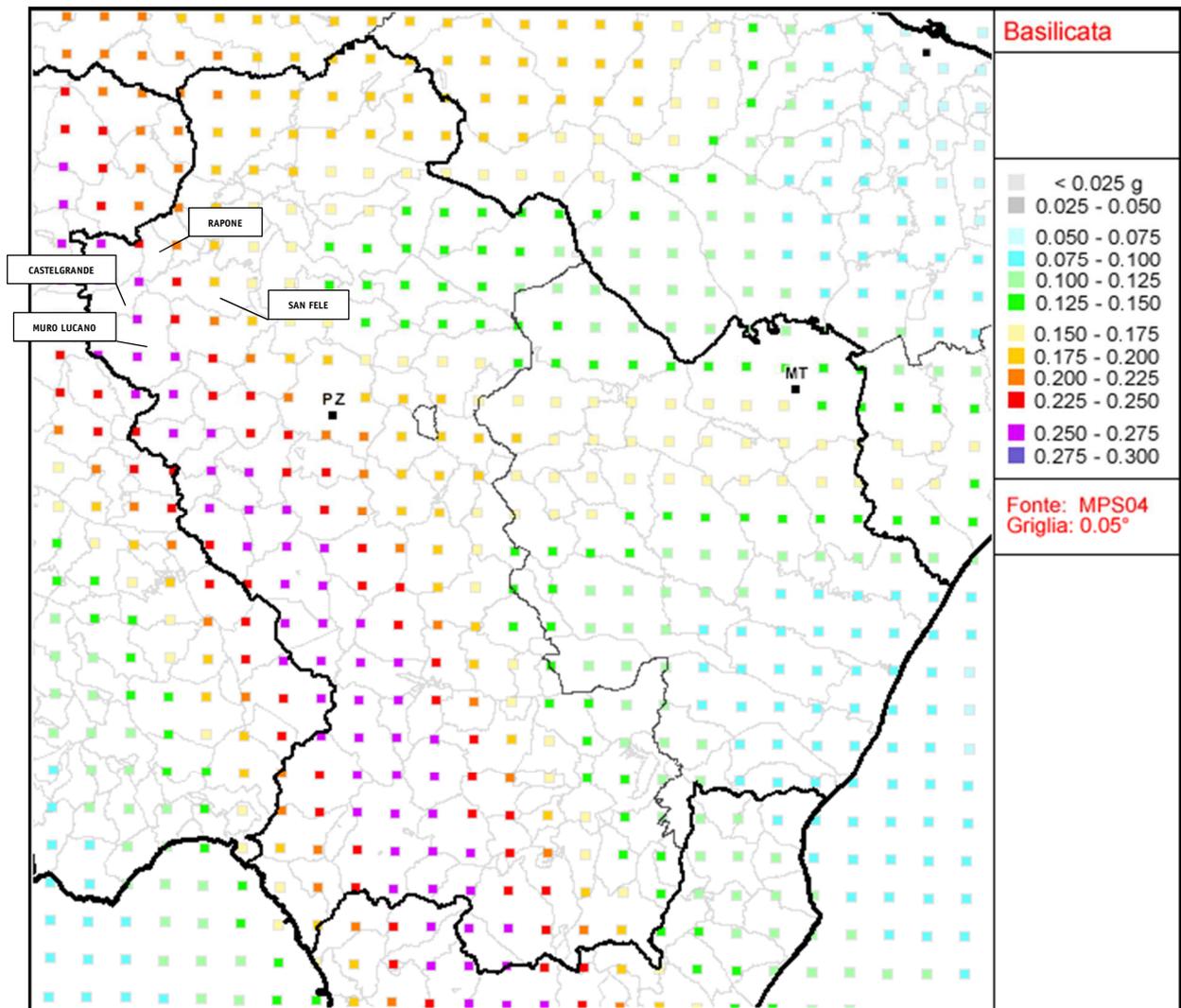


Figura 1 – Stralcio della mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale

Dal 1 luglio 2009 con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008, per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento "propria" individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale dell'opera.

L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274 e il D.M. 14/01/2008 definiscono 5 categorie di profili stratigrafici caratterizzati dalla velocità media di propagazione delle onde sismiche di taglio (V_{S30}) nei primi 30 metri di sottosuolo, definita dalla seguente espressione:

$$V_{S30} = \sum_{i=1 \dots N} \frac{h_i}{\bar{v}_i}$$

Il fattore di amplificazione topografica (S_T) del sito in questione può essere considerato pari ad 1.2 poiché, l'area di interesse è caratterizzata da pendii con inclinazione media intorno al 15%.

4. SCHEMA DELL'AEROGENERATORE

In questo paragrafo vengono fornite le caratteristiche generali dell'aerogeneratore di progetto per il parco eolico in oggetto.

Si precisa che tale scelta è puramente indicativa ai fini della presente relazione, e che la proposta di fondazione che verrà qui di seguito esposta, fa riferimento ad una fase preliminare dello stato di progettazione, dunque ci si limita a ipotizzare una fondazione con palificazione tipica.

Nella tabella che segue, sono riportate le caratteristiche dimensionali della turbina, insieme ai materiali da costruzione impiegati. Per altezze al mozzo elevate (come nel caso in esame), la soluzione economicamente più vantaggiosa è rappresentata dalle torri ibride, con una costruzione in cemento armato e un segmento in tubo di acciaio.

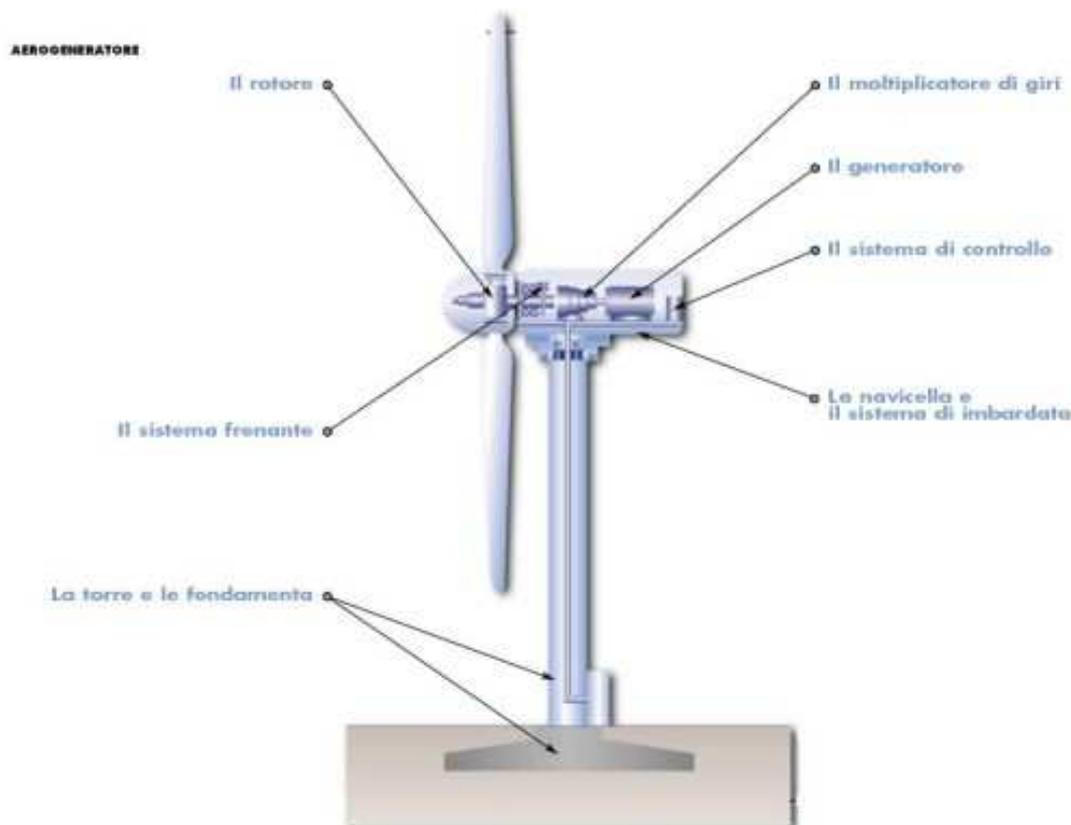


Figura 1 – Schematizzazione aerogeneratore

CARATTERISTICHE AEROGENERATORE DI PROGETTO	
Operating data	
Rated power	4'800 kW
Cut-in wind speed	3.0 m/s
Cut-out wind speed	22,5 m/s
Rotor	
Diameter	158 m
Swept area	19'607 m ²
Operating range rotational speed	6,5 – 11,6 rpm
Rated rotational speed	10.3 rpm
Tip speed	70.5 m/s
Speed control	Variable via microprocessor
Overspeed control	Pitch angle
Gearbox	
Type	3-stage gearbox (planetary-planetary-spur gear)
Generator	
Construction	Doubly-fed asynchronous generator
Cooling system	Liquid/air cooling
Voltage	660 V
Grid frequency	50/60 Hz
Brake system	
Main brake	Aerodynamic brake (Pitch)
Holding brake	Disk brake
Tower	
Construction	Tubular steel tower
Hub height	120.9 m

Caratteristiche generali dell'aerogeneratore di progetto

4.1. Fondazioni degli aerogeneratori

Data la grande eterogeneità dei terreni su cui verranno installati gli aerogeneratori, in questa fase preliminare si propone solo uno schema semplificato della fondazione con palificazione.

Durante la fase esecutiva, e quindi ad Autorizzazione Unica ottenuta, saranno condotti sondaggi puntuali con profondità minima di 30 metri, e sulla base di questi verranno progettate le fondazioni di ciascun aerogeneratore secondo le caratteristiche geotecniche riscontrate in ogni punto.

Lo schema di fondazioni è rappresentato da un plinto tronco conico, in calcestruzzo cementizio armato.

5. FONDAZIONI APPARECCHIATURE ELETTRICHE STAZIONE UTENTE

Per l'installazione dei componenti elettrici presenti nella sottostazione utente è necessario realizzare un plinto diretto di fondazione in cemento armato, data la natura del terreno presente in sito. La platea di fondazione avrà l'estradosso alla quota del piano di campagna e sarà così costituita:

- una sottofondazione in conglomerato cementizio di dimensioni indicative esterne 41x24x0.40 m ad una profondità indicativa di 3 m dal piano di campagna;
- un basamento in c.a. di dimensioni indicative esterne 41x24x2.95 m, nel quale saranno annegati i fusti di sostegno dei vari componenti elettrici (TV,SC,MCI,SB).

Il dimensionamento finale della fondazione sarà dettato dal risultato delle indagini geologiche e dei relativi sondaggi eseguiti in sito. La fondazione verrà attraversata da tutti gli opportuni collegamenti alla rete di terra.

6. CANTIERIZZAZIONE

La fase di cantiere comprende la quasi totalità delle opere necessarie alla realizzazione di un parco eolico e per questo costituisce la fase più impegnativa di tutto il processo. Difatti nel cantiere sono concentrate l'insieme delle azioni che effettivamente determinano la

trasformazione del luogo che ospita l'impianto, sia durante i lavori, sia nel periodo successivo.

Le opere di cantiere sono strettamente legate alla taglia e alle dimensioni degli aerogeneratori impiegati, oltre ovviamente all'estensione dell'intero parco eolico. In ogni caso è indispensabile considerare che ogni azienda impegnata nella realizzazione di impianti eolici necessita di specifiche condizioni cantieristiche al momento della collocazione degli elementi delle turbine nella loro sede definitiva.

L'organizzazione del cantiere seguirà le seguenti fasi principali:

- sistemazione della viabilità esterna ed interna al sito;
- costruzione delle fondazioni degli aerogeneratori;
- posa dei cavi per il trasporto dell'energia elettrica;
- installazione degli aerogeneratori dopo aver atteso quattro settimane per la maturazione del calcestruzzo delle fondazioni;
- realizzazione delle infrastrutture al fine di effettuare l'allaccio alla rete di consegna in alta tensione.

Di seguito verranno descritte in maniera più dettagliata alcune di queste fasi.

Durante l'allestimento del cantiere ci si occupa anche del trasporto degli aerogeneratori e, di conseguenza, della realizzazione e/o dell'adeguamento di tutta la viabilità, sia interna che esterna, di accesso al sito.

Se per alcuni componenti, quali la navicella o altri accessori di minore entità, possono essere utilizzati mezzi pesanti comuni, il trasporto delle pale e dei conci delle torri avviene di norma con mezzi per il trasporto eccezionale, spesso con pianale posteriore allungabile.

A seconda della taglia prevista, tali veicoli possono raggiungere dimensioni notevoli, anche oltre i cinquanta metri, e per questo i percorsi devono rispettare determinati requisiti dimensionali.

Questi sono generalmente stabiliti dai produttori o dalle aziende di trasporto e si occupano di indicare misure di sicurezza sia per l'ingombro dei mezzi in sezione, sia per le condizioni delle strade in curva e negli incroci. I produttori di turbine eoliche forniscono anche indicazioni sulle pendenze e sulle caratteristiche costruttive delle sedi stradali che devono

essere realizzate, attraverso specifiche stratificazioni, considerando le sollecitazioni alle quali sono sottoposte.

L'area del cantiere verrà opportunamente delimitata, protetta e segnalata con barriere mobili o nastro segnaletico, in modo da impedire l'accesso agli estranei ed evitare che possano avvenire danni a terzi (persone e cose) in conseguenza a lavorazioni, movimentazioni materiali, installazione e smontaggio apparecchiature, ecc.

Verranno apposti idonei cartelli che riporteranno le indicazioni relative alle opere in corso, al committente, al progettista, al direttore dei lavori, all'impresa esecutrice, ecc. previste in ottemperanza alla vigente normativa urbanistico-edilizia, ed alla sicurezza degli impianti (legge n. 46/1990). Verrà esposta una segnaletica e gli addetti riceveranno una adeguata informazione/formazione in riferimento ai rischi specifici della attività e alla corretta esecuzione dei lavori in sicurezza.

Le aree di cantiere interesseranno tutte le piazzole di assemblaggio ed installazione degli aerogeneratori: sarà consentita la manovra di tutti i mezzi, lo scarico e il carico dei materiali, l'installazione di tutte le attrezzature, manufatti, depositi, baraccamenti, ricoveri, servizi, necessari. Per tali scopi saranno individuate, contigue alle piazzole, delle ulteriori aree per lo stoccaggio, il carico e lo scarico dei materiali dagli automezzi, concordandole preventivamente con il coordinatore per la sicurezza in fase di realizzazione col responsabile di cantiere. Verranno individuate idonee aree per posizionare eventuali alloggi e baraccamenti; a tal fine il terreno verrà predisposto in modo tale da essere compatto per evitare cedimenti. Verrà inoltre predisposto un idoneo drenaggio dell'acqua.

Le piazzole di stoccaggio e montaggio sono poste in prossimità degli aerogeneratori e, generalmente realizzate in piano, devono contenere sia un'area per consentire lo scarico dei vari elementi dai mezzi di trasporto, sia un'area per il posizionamento della gru.

Lo strato vegetale verrà posto in cumuli a parte in modo da essere riposizionato dopo i lavori di movimento terra. La restante terra di risulta verrà depositata in cumuli provvisori in attesa di essere parzialmente riutilizzata nella fase di riempimento delle fondazioni. Il materiale rimanente verrà cosparso nelle immediate vicinanze ponendo attenzione alla sua perfetta integrazione con il paesaggio oppure verrà impiegato come materiale di riempimento nella fase di realizzazione delle piazzole di montaggio.

L'accesso dei cavi all'interno della torre si realizza attraverso l'utilizzo di tubi in PVC annegati nel "bagno" di cemento delle fondazioni.

Per la fase di montaggio dei vari elementi dell'aerogeneratore si dovrà realizzare una piattaforma di manovra e montaggio sulla quale collocare la gru principale, la gru ausiliaria, i veicoli per il trasporto dei vari componenti dell'aerogeneratore e altri veicoli ausiliari.

La piattaforma sarà costituita da uno strato di zavorra artificiale (massiccio di inerti con pezzatura variabile 0-32 mm) compattata per consentire un buon appoggio durante le operazioni di montaggio. La piattaforma di manovra e montaggio è rappresentata in dettaglio nella tavola "A.16.b.8".

Una volta ultimate le operazioni di cantiere, cioè quando non è più richiesta la presenza dei mezzi di trasporto di grandi dimensioni, le superfici sottratte al manto erboso, e non necessarie per la manutenzione, saranno ricondotte al loro stato originario, attraverso le tecniche suggerite dall'ingegneria naturalistica. L'impiego di queste applicazioni è auspicabile anche per il ripristino delle aree utilizzate per lo stoccaggio ed il montaggio degli aerogeneratori.

Riportiamo un elenco generale dei principali macchinari e mezzi utilizzati in cantiere, fanno eccezione le gru di notevoli dimensioni che serviranno per l'installazione degli aerogeneratori e che verranno fornite dalla società costruttrice delle turbine:

- Mezzi meccanici semoventi in generale;
- Piegaferro;
- Vibratore per calcestruzzo;
- Argano a bandiera;
- Autocarri ribaltabile;
- Gru a torre;
- Utensili elettrici portatili;
- Autocarri con braccio meccanico;
- Fari per illuminazione;
- Escavatore semovente;
- Macchina per pali trivellati o battuti;
- Betoniera;

I traffici di cantiere sono all'incirca riconducibili a quanto segue:

- Mezzi speciali per i componenti della torre;
- Mezzi pesanti ordinari per la navicella ed il mozzo;
- Mezzi speciali per le pale;
- Carichi di betoniere per trasporto calcestruzzo;
- Carichi di massiccio per la copertura delle piazzole.

7. CONCLUSIONI

Il presente documento ha fornito una descrizione preliminare ed indicativa degli elementi caratterizzanti le varie opere di fondazione, in termini di caratteristiche tecniche tipiche, nel progetto, demandando ad una fase successiva il dimensionamento e la definizione di dettaglio delle strutture.