

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO E  
DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN  
POTENZA NOMINALE 78 MW

REGIONE  
SARDEGNA



PROVINCIA  
di SASSARI



COMUNE di  
SASSARI



Località "Crabileddu"

Scala:

Formato Stampa:

-

A4

PROGETTO DEFINITIVO

ELABORATO

**A11**

*Relazione preliminare sulle strutture*

Progettazione:



**R.S.V. Design Studio S.r.l.**  
Piazza Carmine, 5 | 84077 Torre Orsaia (SA)  
P.IVA 05885970656  
Tel./fax: +39 0974 985490 | e-mail: info@rsv-ds.it

Committenza:



**PLANET SARDINIA 1 S.r.l.**  
Via del Gallitello, 89  
85100 Potenza (PZ)  
P.IVA 02134270764

Responsabili Progetto:

Ing. Vassalli  
Quirino



Ing. Speranza  
Carmine Antonio



Catalogazione Elaborato

ITW\_SSR\_A11\_RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE.pdf

ITW\_SSR\_A11\_RELAZIONE PRELIMINARE SULLE STRUTTURE.doc

Data	Motivo della revisione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:
Maggio 2022	Prima emissione	CB	QV/IAS	RSV

□ . . . □ . . . \_\_\_\_\_ . . . □ . . . □

## SOMMARIO

PREMESSA .....	2
NORME E PRESCRIZIONI DI RIFERIMENTO .....	2
CARATTERISTICHE GENERALI.....	3
A  <i>PROGETTO</i> .....	3
B  <i>INQUADRAMENTO GEOLOGICO</i> .....	3
C  <i>AZIONI SISMICHE</i> .....	4
I. <i>CARATTERISTICHE SISMICHE DEL SITO</i> .....	7
SCHEMA DELL’AEROGENERATORE .....	9
I. <i>FONDAZIONI DEGLI AEROGENERATORI</i> .....	11
FONDAZIONI APPARECCHIATURE ELETTRICHE STAZIONE UTENTE .....	11
FONDAZIONI STORAGE SYSTEM .....	11
CANTIERIZZAZIONE .....	11
CONCLUSIONI.....	15

□ . . . □ . . . \_\_\_\_\_ . . . □ . . . □

## PREMESSA

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

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

Questo documento espone la descrizione degli elementi caratterizzanti le varie opere di fondazione, in termini di caratteristiche tecniche tipiche, nel progetto di parco eolico proposta dalla società PLANET SARDINIA 1 S.r.l. da realizzarsi nel comune di Sassari.

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

## NORME E PRESCRIZIONI DI RIFERIMENTO

Le fondamentali normative ed istruzioni di riferimento, norme e disposizioni legislative attinenti alle 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”;
- ☉ *D.M. 17/01/2018*, “Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni” (G.U. n. 42 del 20 febbraio 2018) - Cap. 6 “Progettazione Geotecnica”.

## CARATTERISTICHE GENERALI

### |A| PROGETTO

L'impianto eolico sarà costituito da 13 aerogeneratori, di potenza unitaria 6 MW circa, ed una sottostazione elettrica ospitante, oltre ai manufatti come la cabina ed alcune apparecchiature elettromeccaniche tra cui le più fondamentali sono trasformatore e compass.

### |B| INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Trattandosi di un'area spesso investigata dal punto di vista geotecnico per 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.

□ . . . □ . . . \_\_\_\_\_ . . . □ . . . □

In seguito, si è provveduto ad effettuare delle misure in sito volte 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 quanto riguarda il progetto definitivo si farà riferimento ai valori misurati in sito al fine di assegnare i parametri geotecnici ai terreni di fondazione.

Il terreno presenta caratteristiche non omogenee considerata la grande ampiezza dell'area di intervento.

### | C | AZIONI SISMICHE

In base alle nuove normative, l'azione sismica non dipende più dalla zona sismica con cui è catalogato 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. 17/01/2018* sono delineati quattro stati limite:

Stati Limite		$P_{V_R}$ : 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. 17/01/2018

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di $V_N$ (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	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 che si verificano su ciascuna costruzione vengono calcolate in relazione ad un periodo di riferimento  $V_R$  il quale risulta, per ogni tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale  $N_V$  per il coefficiente d'uso  $C_U$ :

$$V_R = V_N \times C_U$$

Fissati  $V_R$  e  $P_{VR}$ , l'azione sismica ovvero lo spettro di risposta, si calcola tramite la conoscenza dei coefficienti  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_C^*$ , ricavati 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  $V_R$  ( $P_{VR}$ ):

$$T_{RR} = - \frac{V_{VR}}{\ln(1 - P_{VR})}$$

Nelle tabelle dei parametri spettrali si accede mediante 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	$S_s$	$C_c$
<b>A</b>	1,00	1,00
<b>B</b>	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
<b>C</b>	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
<b>D</b>	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
<b>E</b>	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Tabella 4 – Espressioni di  $S_s$  e  $C_c$

□ . . . □ . . . \_\_\_\_\_ . . . □ . . . □

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 risultato dei coefficienti  $S_S$  e  $S_T$ , fornisce il coefficiente  $S$ , il quale è un coefficiente che tiene conto quindi, della categoria del sottosuolo e delle condizioni topografiche:

$$S = S_S * S_T$$

Senza analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima che interessa l'opera costruenda in seguito ad un evento sismico può essere calcolata mediante la relazione:

$$a_{mmmm} = S * a_{gg} = S_S * S_T * a_{gg}$$

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, contraddistinta dal minore margine di sicurezza. L'adeguatezza del margine di sicurezza nei confronti della stabilità del pendio deve essere valutata e motivata dal progettista.

Nei terreni saturi e nei siti con accelerazione orizzontale massima attesa  $a_{max} > 0,15g$ , nell'analisi statica delle condizioni successive al sisma si deve tenere presente la possibile riduzione della resistenza al taglio al fine dell'incremento delle pressioni interstiziali o per decadimento delle caratteristiche di resistenza cagionati 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 ricavati a grandi deformazioni.

L'incremento eventuale di pressione interstiziale cagionato dal sisma, da tener presente in dipendenza della natura dei terreni, deve considerarsi uniformemente ripartito lungo la superficie di scorrimento critica.

Le analisi circa il comportamento dei pendii in condizioni sismiche possono essere eseguite anche attraverso il metodo degli spostamenti, dove la massa di terreno potenzialmente in frana viene accomunato ad un corpo rigido che può spostarsi rispetto al terreno stabile lungo una superficie di scorrimento. Il metodo in questione consente di valutare il movimento permanente indotto dal sisma nella massa di terreno potenzialmente instabile. L'applicazione del metodo richiede che l'azione sismica di progetto sia rappresentata tramite storie temporali delle accelerazioni. Gli accelerogrammi adoperati nelle analisi, in numero non inferiore a 5, devono essere rappresentativi della sismicità del sito e la loro scelta deve essere appositamente motivata.

Non è consentito l'impiego di accelerogrammi artificiali.

Nel metodo degli spostamenti, l'analisi delle condizioni di stabilità del pendio è effettuata attraverso il confronto tra lo spostamento calcolato per il cinematismo 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 svolta e adeguatamente motivata dal progettista.

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

### ***1. Caratteristiche sismiche del sito***

L'area in questione ricade nel territorio comunale di Sassari (SS) classificato come zona sismica 4, in base all'OPCM 23 aprile 2006 n° 3519.

Sulla base dei dati di pericolosità sismica di base (grigia INGV) la zona è contraddistinta da un'accelerazione orizzontale ( $PV_R$  al 10% in 50 anni) minore di 0.05  $a_g/g$ , che corrisponde ad un'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastica pari a 0.05  $a_g/g$ .

ZONA	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [ $a_d/g$ ]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [ $a_d/g$ ]
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

Con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008, dal 1° luglio 2009, e dell'aggiornamento del 2018, per ciascuna costruzione si deve fare riferimento ad una accelerazione di riferimento "propria" individuata in base alle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale dell'opera.

L'OPCM n°3274 e il D.M. 14/01/2008 prevedono 5 categorie di profili stratificati caratterizzati dalla velocità media di propagazione delle onde sismiche di taglio ( $V_{S30}$ ) nei primi 30 metri di sottosuolo, delineata dalla espressione che segue:

$$W_{SS30} = \left[ \frac{h_{ii}}{V_{ii}} \right]_{ii=1 \dots NN}$$

□ . . . □ . . . \_\_\_\_\_ . . . □ . . . □

Il fattore di amplificazione topografica ( $S_T$ ) del sito in analisi può essere ritenuto pari ad 1.0 poiché, l'area di interesse è contraddistinta da pendii con inclinazione media intorno al 12%.

## SCHEMA DELL'AEROGENERATORE

Nel presente paragrafo sono fornite le caratteristiche generali dell'aerogeneratore di progetto per il parco eolico in oggetto.

Tale scelta è indicativa per la presente relazione e la proposta di fondazione che verrà esposta di seguito fa riferimento ad una fase preliminare dello stato di progettazione, quindi ci si limita a ipotizzare una fondazione con palificazione tipica.

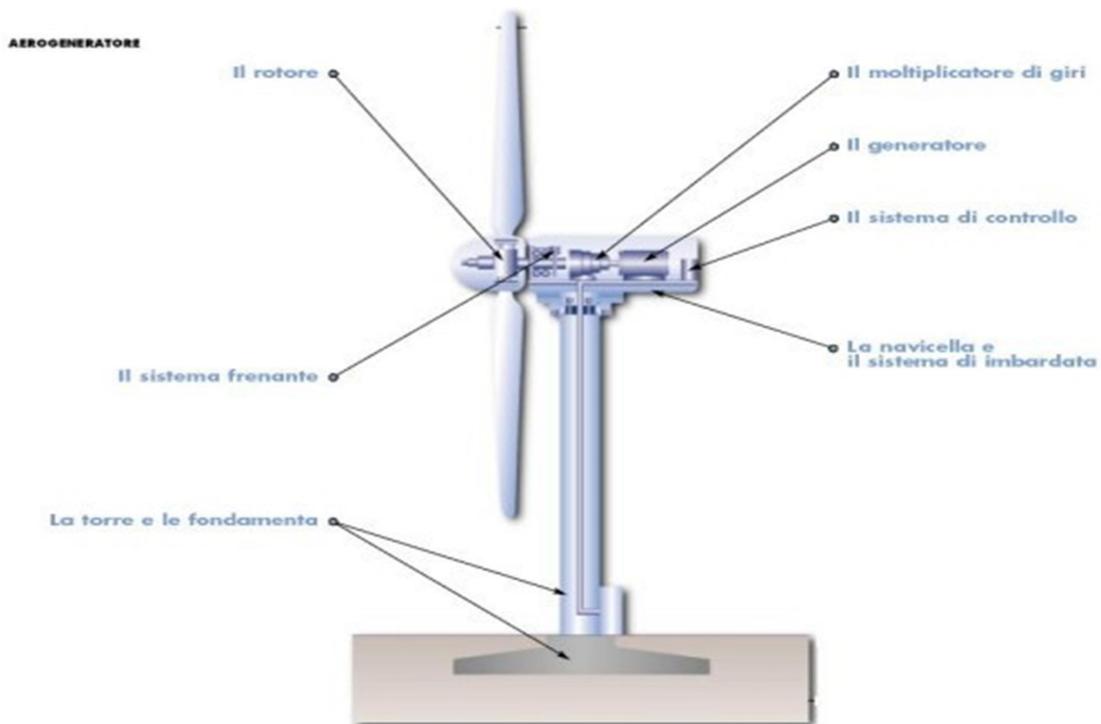


Figura 2 – Schematizzazione aerogeneratore

□ . . . □ . . . \_\_\_\_\_ . . . □ . . . □

Nella tabella che segue, vengono riportate le caratteristiche dimensionali della turbina, insieme ai materiali da costruzione adoperati.

<b>CARATTERISTICHE AEROGENERATORE DI PROGETTO</b>	
<b>Operating data</b>	
Rated power	6'000 MW
Cut-in wind speed	3.0 m/s
Cut-out wind speed	25 m/s
<b>Rotor</b>	
Diameter	170 m
Swept area	22'698 m <sup>2</sup>
Operating range rotational speed	4.9 - 12.6 rpm
Rated rotational speed	10.3 rpm
Tip speed	70.5 m/s
Speed control	Variable via microprocessor
Overspeed control	Pitch (inclinazione regolata a velocità variabile)
<b>Gearbox</b>	
Type	3-stage gearbox (planetary-planetary-spur gear)
<b>Generator</b>	
Construction	DFIG Asynchronous
Cooling system	Direct cooling
Voltage	690 V
Grid frequency	50/60 Hz
<b>Brake system</b>	
Main brake	Hydraulic brake
Holding brake	Aerodynamic brake
<b>Tower</b>	
Construction	Tubular steel tower
Hub height	115 m

Caratteristiche generali dell'aerogeneratore di progetto

□ . . . □ . . . \_\_\_\_\_ . . . □ . . . □

### ***I. Fondazioni degli aerogeneratori***

Considerata la grande eterogeneità dei terreni sopra i quali saranno impiantati gli aerogeneratori, in questa fase preliminare si propone solo uno schema semplificato della fondazione mediante palificazione.

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

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

## **FONDAZIONI APPARECCHIATURE ELETTRICHE STAZIONE UTENTE**

Al fine dell'installazione dei componenti elettrici presenti nella sottostazione utente è indispensabile 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 composta:

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

## **FONDAZIONI STORAGE SYSTEM**

Al fine dell'installazione del sistema di accumulo di energia elettrica (storage) è indispensabile realizzare una platea di fondazione in calcestruzzo armato di idonee dimensioni che verrà dettato dal risultato delle indagini geologiche e dei relativi sondaggi eseguiti in sito.

## **CANTIERIZZAZIONE**

La fase di cantiere riguarda la quasi totalità delle opere necessarie alla realizzazione di un parco eolico e per questo rappresenta la fase più impegnativa di tutto il processo. Difatti nel cantiere sono concentrate l'insieme delle azioni che effettivamente determinano la trasformazione del luogo in cui è posto l'impianto, sia durante i lavori, sia nel periodo

□ . . . □ . . . \_\_\_\_\_ . . . □ . . . □  
successivo. Le opere di cantiere sono strettamente connesse alla taglia e alle dimensioni degli aerogeneratori impiegati, oltre naturalmente all'estensione dell'intero parco eolico. Ad ogni modo è fondamentale tenere presente che ogni azienda impiegata nella realizzazione di impianti eolici richiede di specifiche condizioni cantieristiche al momento della collocazione degli elementi delle turbine nella loro sede definitiva.

L'organizzazione del cantiere si comporrà delle seguenti fasi fondamentali principali:

- ④ sistemazione della viabilità esterna ed interna al sito;
- ④ costruzione delle fondazioni degli aerogeneratori;
- ④ posa dei cavi per il trasporto dell'energia elettrica;
- ④ installazione degli aerogeneratori dopo aver atteso quattro settimane per la maturazione del calcestruzzo delle fondazioni;
- ④ realizzazione delle infrastrutture al fine di effettuare l'allaccio alla rete di consegna in alta tensione.

Quanto segue espone le descrizioni dettagliate di queste fasi.

Nella fase di allestimento del cantiere ci si occupa anche del trasporto degli aerogeneratori e, di conseguenza, della realizzazione e/o dell'adattamento 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 sfruttati mezzi pesanti comuni, il trasporto delle pale e dei conci con delle torri avviene attraverso mezzi per il trasporto eccezionale, spesso con pianale posteriore allungabile.

In base alla taglia prevista, questi veicoli possono raggiungere dimensioni elevate, anche oltre i cinquanta metri, e per questo i percorsi devono attenersi a determinati requisiti dimensionali.

Questi sono stabiliti solitamente 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 rilasciano anche indicazioni circa le pendenze e le caratteristiche costruttive delle sedi stradali che devono essere realizzate, mediante specifiche stratificazioni, tenendo presenti le sollecitazioni alle quali vengono sottoposte.

L'area del cantiere sarà delimitata, protetta e segnalata mediante barriere mobili o nastro segnaletico, così 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.

□ . . . □ . . . \_\_\_\_\_ . . . □ . . . □

Saranno ubicati appositi cartelli che indicheranno la presenza di opere in corso, nonché il committente, il progettista, il direttore dei lavori, l'impresa esecutrice, ecc. stabilite in ottemperanza alla normativa urbanistico-edilizia vigente, ed alla sicurezza degli impianti (L. n. 46/1990). Inoltre sarà esposta una segnaletica e gli addetti riceveranno una formazione specifica circa i rischi relativi all'attività e alla giusta esecuzione dei lavori nella massima sicurezza.

Le aree di cantiere riguarderanno tutte le piazzole di assemblaggio ed installazione degli aerogeneratori: sarà permessa 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 e con il responsabile di cantiere. Saranno individuate aree idonee per posizionare alloggi e baraccamenti; per consentire ciò il terreno sarà predisposto in modo da evitare cedimenti. Inoltre verrà impiantato un idoneo sistema di drenaggio dell'acqua.

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

Lo strato vegetale sarà ubicato in cumuli a parte, così da essere riposizionato dopo i lavori di movimento terra. La terra che avanza dalle operazioni verrà depositata in cumuli provvisori per poi essere parzialmente riutilizzata nella fase di riempimento delle fondazioni. Il materiale restante verrà cosparso nelle vicinanze con attenzione alla sua perfetta integrazione con il paesaggio oppure verrà adoperato come materiale di riempimento nella fase di realizzazione delle piazzole di montaggio.

L'accesso dei cavi all'interno della torre si realizza mediante 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 posizionare la gru principale, la gru ausiliaria, i veicoli per il trasporto dei vari componenti dell'aerogeneratore e altri veicoli ausiliari.

□ . . . □ . . . \_\_\_\_\_ . . . □ . . . □

La piattaforma sarà composta da uno strato di zavorra artificiale (massiccio di inerti con pezzatura variabile 0-32 mm) compattata al fine di assicurare un buon appoggio durante le operazioni di montaggio.

Una volta completate le operazioni di cantiere, o meglio quando non è più necessaria la presenza dei mezzi di trasporto di grandi dimensioni, le superfici sottratte al manto erboso, e non indispensabili per la manutenzione, verranno ricondotte al loro stato originario, mediante le tecniche suggerite dall'ingegneria naturalistica. L'adozione di queste applicazioni è auspicabile anche al fine del ripristino delle aree adoperate per lo stoccaggio ed il montaggio degli aerogeneratori.

Si riporta un elenco contenente i principali macchinari e mezzi adottati in cantiere, con eccezione di gru di notevoli dimensioni che risulteranno utili 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;
- Autocarro ribaltabile;
- Gru a torre;
- Utensili elettrici portatili;
- Autocarro con braccio meccanico;
- Fari per illuminazione;
- Escavatore semovente;
- Macchina per pali trivellati o battuti;
- Betoniera;

I traffici di cantiere vengono all'incirca ricondotti 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 betoniera per trasporto calcestruzzo;
- ☉ Carichi di massiccio per la copertura delle piazzole.

□ . . . □ . . . \_\_\_\_\_ . . . □ . . . □

## CONCLUSIONI

Il presente documento ha esposto una descrizione preliminare ed indicativa degli elementi che caratterizzano le diverse 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.