

- biogas ●
- biometano ●
- eolico ●
- fotovoltaico ●
- efficienza energetica ●
- waste to chemical ●

Relazione preliminare delle strutture

Progetto definitivo

Impianto eolico di Castellana Sicula
 Comuni di Castellana Sicula e Polizzi Generosa (PA)
 Località Cozzo Bagianello



N. REV.	DESCRIZIONE	ELABORATO	CONTROLLATO	APPROVATO	IT/EOL/E-CASI/PDF/C/RS/018-a
a	Emissione	Serdea srl	Asja Castellana Polizzi srl	Serdea srl	15/11/2021 Via Ivrea, 70- Rivoli (TO) Italia T +39 011.95792 F +39 011.95792 info@asja.energy

INDICE

	PAGINA
1. PREMESSA.....	3
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	4
3. DESCRIZIONE AEROGENERATORI DI PROGETTO	4
4. PREDIMENSIONAMENTO DELLE OPERE DI FONDAZIONE.....	4
4.1 Sistema di coordinate.....	5
5. CRITERI DI CALCOLO.....	5
6. MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO.....	5
6.1 8 1 , 7 \$ ¶ ' , & 2 . 3 . (. 5 . 7 . 8 . 5 . \$..	6
6.2 UNITA ¶ ' , 6 8 % 6 . 7 . 5 . \$ 7 . 2.....	6
7. CRITERI DI VERIFICA	7
7.1 Modellazione.....	7
7.2 Verifiche eseguite.....	7
7.3 Approcci di progetto e combinazioni di carico.....	7
8. SOLUZIONE CON FONDAZIONE DIRETTA.....	9
9. SOLUZIONE CON FONDAZIONE INDIRETTA SU PALI.....	10
10. VERIFICHE GEOTECNICHE DELLE FONDAZIONI.....	12
11. MATERIALI	12
11.1 Calcestruzzo gettato in opera.....	12
11.2 Acciaio in barre per c.a.....	13
12. CONCLUSIONI	14

1. PREMESSA

La Società *Asja Castellana Polizzi s.r.l.*, con sede legale a *Torin Corso Vittorio Emanuele II n. 6* intende realizzare un impianto per la produzione di energia elettrica da fonte eolica, composto da n. 7 aerogeneratori con potenza unitaria di 7,0 MW per una potenza complessiva di 49,0 MW ricadente nei territori comunali di Castellana Sicula (PA) e Polizzi

* H Q H U R V D 3 \$ G H Q R P L Q D W R L P S L D Q W R H R O L F R G L 3
 % D J L D Q H O O R

& R P H G D 6 7 0 * I R U P D O L J] D W D G D 7 H U Q D 6 S \$ O ¶ L P S
 Elettrica di Trasmissione Nazionale (RTN) mediante un cavidotto a 36 kV, il cui tratto finale interessa il Comune di Villalba (CL), dove è ubicata la Cabina Utente (CU) e costituisce

O ¶ L Q W H U I D F F L D S H U O D F R Q V H J Q D G H O O ¶ H Q H U J L D L P P H V
 W U D V I R U P D] L R Q H N 9 G L 7 H U Q D G H Q R P L Q D W D

CU e la sezione a 36 kV della SE sarà realizzato mediante un breve tratto di cavidotto interrato.

La presente relazione è redatta allo scopo di predimensionare le strutture civili facenti parte
 G H O O ¶ L P S L D Q W R H R O L F R V R S U D L Q G L F D W R

Le strutture facenti parte del progetto sono:

- x n. 7 aerogeneratori del tipo *Ves V172* 7,0 MW con altezza mozzo pari a 135 m e diametro del rotore pari a 172 m con relative opere di fondazione;
- x n. 2 cabine di sezionamento prefabbricate;
- x n. 1 cabina utente prefabbricata.

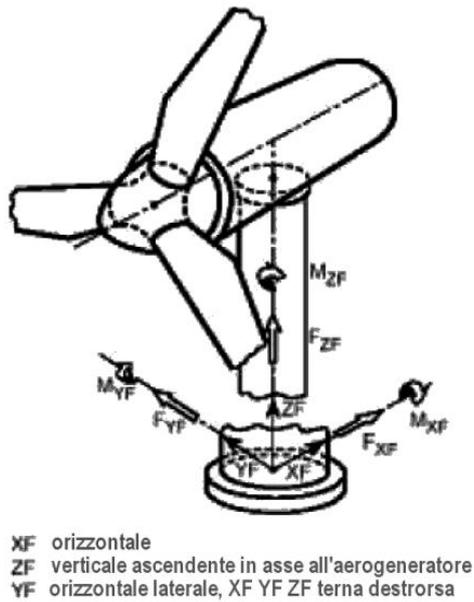
Gli aerogeneratori in progetto, costituiti da torri, *lame* e *nacella*, presentano struttura di elevazione in acciaio strutturale mentre la struttura in fondazione, costituita da plinto, sarà realizzata in cemento armato gettato in opera. Le opere strutturali civili relativi ai basamenti delle cabine elettriche, eventuali recinzioni, muri di contenimento ed eventuali tombini per attraversamenti idraulici, saranno realizzate in cemento armato gettato in opera.

La presente relazione preliminare si basa sulle stime delle sollecitazioni necessarie al predimensionamento
 H O O H I R Q G D] L R Q L U L P D Q G D Q G R D O O D S U R J H V
 del dimensionamento esecutivo delle opere nel rispetto delle normative vigenti in materia di sicurezza strutturale.

quale sollecitazione dimensionante quella relativa alle condizioni di vento estremo combinate e fornite per una turbina avente dimensioni pari a quella oggetto della presente.

4.1 Sistema di coordinate

Il sistema di assi utilizzato per la presentazione dei carichi sul fondo della torre è illustrato nella seguente figura:



Sistema di coordinate

Sistema di coordinate nella parte inferiore della torre: posizione nella parte inferiore della
 WRUUH VXOOD VXSHUILFLH VXSHULRUH GL IODOJLD GHO O

5. CRITERI DI CALCOLO

Le analisi sono state condotte nel sistema di coordinate WUDPLWH OI DXVLOR GL FDCALZHE GL FDO del sistema terreno di fondazione. Le verifiche condotte sono quelle previste dalla normativa citata.

6. MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO

Sulla scorta degli studi delle risultanze delle indagini geognostiche effettuate è stato possibile
 H O D E R U D U H **Progetto Un Modello geologico di riferimento, il quale tiene conto di**
 tutte le informazioni acquisite durante il presente studio, che viene nel seguito sintetizzato:

6.1 81,7\$¶', & 23(5785\$

81,7\$¶ / , 7 2 7 (& Depositi sciolti a grana medio -grossa (F1 -G1)

Trattasi di sabbie e ghiaie a clasti poligenici ed eterometrici, a grana da media a grossolana,
 L Q T X D G U D E L O L Q H O O ¶ D U H D S U R J H W W X L D O p r e d i t e n z a W U D W W R

Per tale litotipo è possibile attribuire le seguenti caratteristiche tecniche medie indicative:

& ¶ . 3) = FOP - = 24°-26° Ä(t/m³) = 1,7

6.2 81,7\$¶', 68%675\$72

81,7\$¶ / , 7 2 7 (& Depositi a grana fine più o meno coesivi (H1)

Tale unità è riferita litologicamente alle argille debolmente marnose e marine
 I R V V L O L I H U H G H O ³ P H P E U R S H O L W L F R D U J L O O R V R ´ G H O C
 CS01-CS02-CS04)

& ¶ . 3) = FOP7-1,3 - = 24°-26° Ä(t/m³) = 1,9-2,1

81,7\$¶ / , 7 2 7 (& Successioni a struttura caotica con alternanza di litotipi
 diversi: argille, rocce calcaree e arenarie (B1)

7 D O H X Q L W j q F R V W L W X L W D G D X Q ¶ D O W H U Q D O] D F D R W
 varicolori con alternanza di calcilutiti e arenarie (Aerogeneratori); Ci seguito si
 riportano una stima prudenziale dei valori geotecnici medi indicativi:

& ¶ . 3) = FOP5-0,7 - - f f ³) Ä 1,9-2,0 P

81,7\$¶ / , 7 2 7 (& E, Successioni ordinate con alternanza di litotipi in
 prevalenza argillosi e lapi dei (B4)

/ ¶ 8 Q L W j O L W R W H F Q L F D q D V V R F L D E L O H D G D U J L O O L W L C
 con a luoghi addizionati livelli marnosa calcarei di colore grigio ancastro. Aerogeneratori
 CS05-CS06). I parametri geotecnici indicativi:

$$\gamma (kN/m^3) = 0,5-0,7 \quad \alpha = 24^\circ-26^\circ \quad \lambda (t/m^3) = 1,9-2,0$$

7. CRITERI DI VERIFICA

7.1 Modellazione

La fondazione è stata analizzata considerando i carichi dovuti alle seguenti azioni:

1. il peso proprio;
2. il peso del terreno di rinterro (sovraccarico permanente e completamente definito);
3. carichi provenienti dalla struttura in elevazione ($F_z, F_x, F_y, M_z, M_x, M_y$) e applicati a 20 cm dal piedistallo.

1 H O O ¶ D P E L W R G H O O D Y D O X W D] L R Q H J H R W H F Q L F D G H O O D
 delle rigidezza equivalente verticale alla Winkler del terreno di fondazione, adottata
 Q H O O ¶ D P E L W R G H O O D P R G H O O D] L R Q H V W U X W W X U D O H

7.2 Verifiche eseguite

Le verifiche riguardanti la sicurezza globale e geotecnica sono state eseguite in accordo con il metodo degli stati limite di cui cap. 2, 4 e 6 di [1], tenendo conto delle ulteriori richieste prestazionali previste nella normativa di settore [5].

7.3 Approcci di progetto e combinazioni di carico

3 H U O H Y H U L I L F K H J H R W H F Q L F K H V L I D U L I H U L I O N E Q W R D O C
 A1+M1+R3 e le tabelle seguenti:

		Coefficiente	EQU	A1	A2
		γ_F			
Carichi permanenti G_1	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	γ_Q	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
⁽¹⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.					

Tabella 7.1

Verifica	Coefficiente parziale
	(R3)
Carico limite	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$

Tabella 7.2

Nella logica del metodo degli Stati Limite ogni azione è stata classificata in base alla norma di ULIHULPHQWR > @ H > @ H DO WLSR GL FDULFR & LZ applicazione della norma [5], specifica per gli aerogeneratori, assieme con i criteri di progettazione previsti dalla norma [1] valida per tutte le costruzioni civili ed industriali.

AZIONE	TIPO DI CARICO	NORMA DI RIFERIMENTO	COEFFICIENTI PARZIALI γ_F	
			GEO	EQU
Peso proprio fondazione	Permanente fondazione	[1]	1,00 / 1,30	0,90
Peso terreno riempimento	Permanente fondazione	[1]	0,80 / 1,50	0,80
Peso aerogeneratore	Permanente aerogener.	[1] [5]	0,90 / 1,10 1,50	0,90 / 1,00
Vento aerogen.	Variabile aerogeneratore	[1] [5]	/ 1,10 1,50	1,00 / 1,10 1,50

Tabella 7.2

1 HOOD WDEHOOD D VHJXLUH V LmhaSRILmDicoOflotale QER FRPS YHULILFKH GHOOD IRQGD]LRQH GHOOD DHURJHQHUDWRUH accordo con quanto riportato nella tabella precedente.

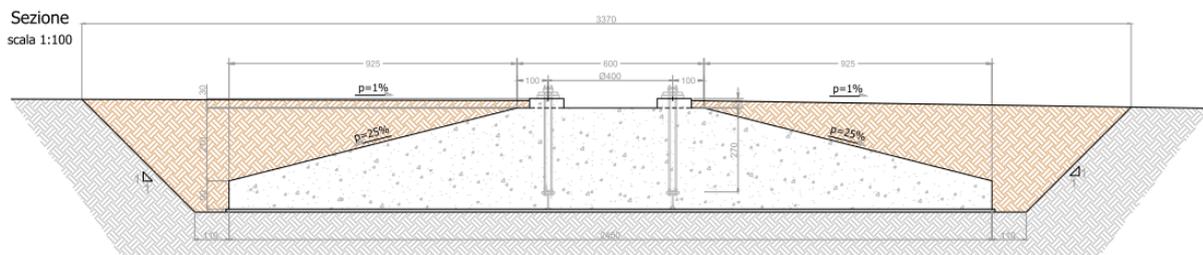
Tipo di combinazione				CdC N.	Coefficients parziali delle azioni γ_r				
					Peso proprio	Riempimento	Fz	H	M
GEO (abnormal)	Approccio 2	A1+M1+R3	Abnormal SLU2	1	1,00	1,00	0,80	1,10	1,10
	Approccio 2	A1+M1+R3	Abnormal SLU1	2	1,30	1,30	1,50	1,10	1,10
	Approccio 2	A1+M1+R3	Abnormal SLU2	3	1,00	1,00	0,80	1,10	1,10
GEO (normal)	Approccio 2	A1+M1+R3	Normal SLU2	4	1,00	1,00	0,80	1,50	1,50
	Approccio 2	A1+M1+R3	Normal SLU1	5	1,30	1,30	1,50	1,50	1,50
	Approccio 2	A1+M1+R3	Normal SLU2	6	1,00	1,00	0,80	1,50	1,50
EQU	IEC	normal case	Normal EQU	7	0,90	0,90	0,80	1,50	1,50
	IEC	abnormal case	Abnorm.EQU	8	0,90	0,90	0,80	1,10	1,10
	IEC	normal case	Normal	9	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	IEC	abnormal case	Abnormal	10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	IEC		Operational	11	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabella 7.4

non è stata mai assunta come azione variabile dominante e, pertanto, non compare in tabella. Le combinazioni 7 è assunta come Caratteristica (Rare) e, pertanto sono state riferite le valutazione delle tensioni (SLE R) su calcestruzzo e armatura, oltre che per la valutazione dei cedimenti di fondazione. La combinazione 9 è utilizzata per le verifiche alle combinazioni 7 e 8). Le combinazioni 10 e 11 fanno riferimento agli stati limite di esercizio strutturali (tensioni, fessurazione) e, pertanto, non sono prese in considerazione.

8. SOLUZIONE CON FONDAZIONE DIRETTA

La fondazione sarà in calcestruzzo armato, con pianta di forma circolare di diametro $D_e = 24,50$ m, spessore variabile da un minimo di 0,90 m sul bordo esterno, ad un massimo di 3,00 m in corrispondenza della zona centrale di attacco della parte in elevazione della torre.



GEOMETRIA FONDAZIONE	
Diametro esterno fondazione	24,50m
Diametro esterno piedistallo	6,00m
Spessore fondazione al bordo esterno	0,90m
Spessore massimo della suola di fondazione	3,00m
Scalino esterno del piedistallo	0,45 m
Ringrosso inferiore plinto (zona centrale)	0,30m
Diametro zona di ringrosso inferiore plinto	6,00m
Altezza massima piedistallo	3,45 m
Spessore minimo di ricoprimento fondaz.	0,40m
Pendenza profilo terradi ricoprimento	1,00%
Pendenza estradosso fondazione	25,00%

La parte più alta del plinto, cioè la zona centrale indicata come piedistallo, emerge dal terreno sistemazione di 15 cm (tenuto conto della pendenza di ricoprimento).

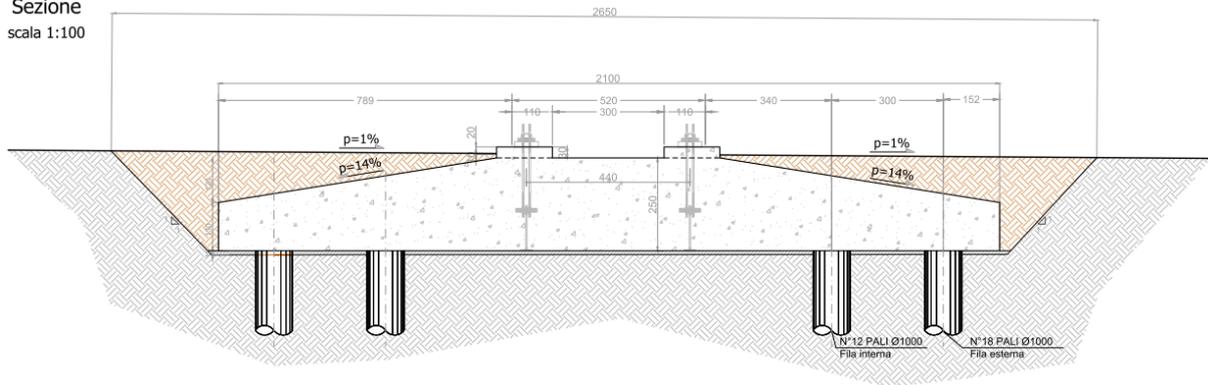
9. SOLUZIONE CON FONDAZIONE INDIRETTA SU PALI

Sulla base dei dati provenienti dalle prove eseguite in sito, ed in considerazione delle informazioni bibliografiche, la soluzione con fondazione diretta risulta essere la più compatibile con le caratteristiche del sito.

Tuttavia, il dimensionamento di dettaglio in fase di progettazione esecutiva sarà eseguito a valle di indagini sulle singole posizioni, non eseguibili in questa fase per la non disponibilità delle aree di sedime proposte per gli ancoratori. A solo titolo esemplificativo, si presenta un'opera, di opportuno diametro e lunghezza, adeguatamente armati.

La fondazione potrà avere pianta forma circolare di diametro $D_e = 21,00$ m, spessore variabile da un minimo di 1,30 m sul bordo esterno, ad un massimo di 2,50 m in corrispondenza della zona centrale di attacco della parte in elevazione della torre.

Sezione
scala 1:100



GEOMETRIA FONDAZIONE	
Diametro esterno fondazione	21,00m
Diametro esterno piedistallo	6,00m
Spessore fondazione al bordo esterno	1,30m
Spessore massimo della suola di fondazione	2,50 m
Scalino esterno del piedistallo	0,45 m
Ringrosso inferiore plinto (zona centrale)	0,30m
Diametro zona di ringrosso inferiore plinto	6,00m
Altezza massima piedistallo	2,95 m
Spessore minimo di ricoprimento fondaz.	0,40m
Pendenza profilo terradi ricoprimento	1,00%
Pendenza estradosso fondazione	14,0%
Numero Pali	30
Raggio Corona interna	6
Numero Pali corona interna	12
Raggio Corona esterna	9
Numero Pali corona esterna	18

La parte più alta del plinto, cioè la zona centrale indicata come piedistallo, emerge dal terreno post sistemazione di 15 cm (tenuto conto della pendenza del riempimento). Per questioni legate prescrizioni normative di interdistanza tra i pali, si prevedono cautelativamente due corone di pali, la più interna, con raggio 6 m, con 12 pali, la più esterna, con raggio 9 m, con 18 pali. Sono previsti pali con diametro 1 m e lunghezza 30m.

10. VERIFICHE GEOTECNICHE DELLE FONDAZIONI

Per la verifica a carico limite sotto l'approccio 2 con una unica combinazione di carico A1+M1+R3, secondo le modalità esposte al p.to 6.4.3 NTC 2018.

11. MATERIALI

11.1 Calcestruzzo gettato in opera

Il calcestruzzo utilizzato in opera sarà di diversa fattura a seconda dei casi di utilizzo dello stesso, infatti verrà utilizzato cls ordinario di classe C20/25 per la realizzazione dei pali di fondazione a servizio degli aereogeneratori, nonché di tutte le strutture facenti parte la sottostazione. Mentre per la piastra di base, su cui sarà innestata la torre eolica, verrà utilizzato un cls di classe C35/40. Per il piedistallo di alloggiamento della torre, verrà utilizzato un cls di classe C40/50.

Il calcestruzzo ordinario utilizzato in opera sarà di tipo normale avente massa volumica, dopo essiccazione a 105 °C, compresa fra 2000 e 2600 kg/m³

Dovrà essere garantita, unitamente alla resistenza, la durabilità delle strutture in conglomerato cementizio. Pertanto, nel caso di calcestruzzi a "prestazione garantita" (UNI EN 206-1), dovranno essere rispettate anche le prescrizioni relative alla composizione ed alle caratteristiche del conglomerato fresco ed indurito, nonché quant'altro esplicitamente o implicitamente contenuto nella documentazione tecnica di progetto.

Per i soli calcestruzzi di sottofondazione (indicati anche come "magroni"), è possibile produrre miscele a dosaggio con $R_{ck} > 15 \text{ N/mm}^2$

I materiali impiegati per il confezionamento del calcestruzzo sono: aggregato di inerti (sabbia e ghiaia o pietrisco), pasta di cemento (cemento e acqua) e eventuali additivi. Tali materiali dovranno rispettare quanto indicato nelle normative di riferimento sopra elencate.

- x Aggregati di inerti - Si utilizzeranno aggregati di massa volumica normale compresa fra 2000 e 3000 kg/mc. Gli inerti in genere dovranno rispondere ai requisiti prescritti dalla normativa vigente e dalle UNI EN 12620. Dovrà essere attentamente analizzata la possibilità di insorgenza di reazioni tipo "ASR" (alcali silice), prendendo tutti i

provvedimenti e le precauzioni indicate nella UNI 2061, nella UNI 8520/22:2002 e nella UNI 89848:1999;

- x Cementi - I cementi devono rispettare le norme, le indicazioni, le caratteristiche e le prescrizioni contenute nella UNI EN 197/01 e nelle normative Legge 26/05/1965 n. 595 e DM 03/06/1968 "Nuove norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova dei cementi";
- x Acqua - L'acqua di impasto dovrà ottemperare alle prescrizioni della UNI EN 1008:2003 o presentare, in alternativa, un tenore di sali disciolti minore dello 0.2% in peso. Per le acque non provenienti dai normali impianti di distribuzione di acqua potabile, si dovrà stabilirne l'idoneità mediante gli esami necessari per rilevare la presenza di sostanze con influenza negativa sui fenomeni di presa e indurimento del calcestruzzo, nonché sulla durabilità. L'acqua dovrà essere comunque limpida, incolore, inodore e sotto agitazione non dovrà dare luogo a formazione di schiume persistenti;
- x Additivi - Gli additivi dovranno corrispondere alle prescrizioni delle UNI 7110:1972, UNI EN 9342:2002, UNI 1065:1999, UNI EN 480:1998, UNI EN 4800:1998. Gli additivi eventualmente utilizzati dovranno migliorare e potenziare le caratteristiche finali dei manufatti ed essere impiegati secondo le precise prescrizioni del produttore che dimostrerà, con prove in Laboratorio Ufficiale da sottoporre al giudizio del Direttore dei Lavori, di rispondere ai requisiti richiesti ed alle disposizioni vigenti;
- x Calcestruzzo - Il calcestruzzo potrà essere confezionato con processo industrializzato in uno stabilimento esterno o in cantiere secondo quanto indicato nelle Norme Tecniche delle Costruzioni e nelle Linee Guida sul Calcestruzzo Strutturale edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ovvero alle norme UNI EN 2061:2006 ed UNI 1110:2004;

11.2 Acciaio in barre per c.a.

L'acciaio da utilizzare deve provenire da uno stabilimento qualificato e deve essere controllato in stabilimento secondo le procedure descritte dalle norme tecniche. Deve quindi essere sempre marchiato ed accompagnato dalla relativa documentazione, in particolare:

- x dichiarazione di conformità CE o attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale riportanti un timbro in originale e almeno la data di spedizione ed il destinatario;
- x documento di trasporto che indichi stabilimento di provenienza, le dimensioni, il tipo, la quantità ed il destinatario;

Nel caso di acciaio lavorato in centri di trasformazione questi ultimi sono tenuti ad effettuare i controlli previsti nelle Norme Tecniche e ad accompagnare la fornitura con:

- x Documento di trasporto con dichiarazione degli estremi dell'attestato di avvenuta dichiarazione di attività, rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale, recante il logo o il marchio del centro di trasformazione;
- x Attestazione inerente l'esecuzione delle prove di controllo interno fatte eseguire dal direttore tecnico del centro di trasformazione, con indicazione dei giorni nei quali la fornitura è stata lavorata.

12. CONCLUSIONI

Le verifiche incluse nel presente elaborato, tengono in considerazione i carichi relativi ad un aerogeneratore tipo e delle assunzioni relative ai modelli geotecnici.

Le caratteristiche geometriche delle due tipologie di fondazione descritte nel presente elaborato dovranno confermarsi mediante dimensionamento di dettaglio in fase di progettazione esecutiva, con i carichi di dettaglio sitospecifici forniti dal produttore delle turbine eoliche e a valle di indagini di dettaglio da eseguire sulle singole posizioni. Per questo motivo, la soluzione di fondazione potrà prevedere, in relazione ai carichi ed al terreno,

O 1 X W L O L]] R G L X Q D I R Q G D] L R Q H G L U H W W D R V X S D O L W U