REGIONE PUGLIA | PROVINCIA DI LECCE | COMUNE DI SALICE SALENTINO | COMUNE DI NARDÒ | COMUNE DI VEGLIE

PROGETTO DEFINITIVO

Impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica "Monteruga" di potenza nominale pari a 33 MW e relative opere connesse

Titolo elaborato

Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici

Codice elaborato
F0478AR21A

Scala
-

Riproduzione o consegna a terzi solo dietro specifica autorizzazione.

Progettazione

F4 ingegneria srl
Via Di Giura - Centro direzionale, 85100 Potenza
Tel: +39 0971 1944797 - Fax: +39 0971 55452
www.f4ingegneria.it - f4ingegneria@pec.it

Il Direttore Tecnico
(ing. Giovanni Di Santo)

Società certificata secondo le norme UNI-EN ISO 9001:2015 e UNI-EN ISO 14001:2015 per l'erogazione di servizi di ingegneria nei settori: civile, idraulica, acustica, energia, ambiente (settore IAF: 34).

Gruppo di lavoro

Dott. For. Luigi ZUCCARO
Ing. Giorgio ZUCCARO
Ing. Giuseppe MANZI
Ing. Mariagrazia PIETRAFESA
Ing. Gerardo SCAVONE
Ing. Flavio Gerardo TRIANI
Arch. Gaia TELESCA
Dott.ssa Floriana GRUOSSO
Dott. Francesco NIGRO
Vito PIERRI

Consulenze specialistiche

Committente

wpd Salentina S.r.l.
Corso d'Italia 83, 00198 Roma
Tel.: +39 06 960 353 01
https://www.wpd-italia.it/
wpdsalentinasrl@legalmail.it

Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
Marzo 2023	Prima emissione	FCO	LZU	GDS

File sorgente: **991VQL8_Disciplinare_F0478AR21A_Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici.docx**

Sommario

1 Introduzione 5

2 Descrizione generale 7

2.1 Componenti meccaniche 7
2.2 Rotore 7
2.3 Pale 7
2.4 Sistema di regolazione del passo 8
2.5 Hub 8
2.6 Albero lento 8
2.7 Scatola del cuscinetto 8
2.8 Cuscinetto principale 9
2.9 Moltiplicatore di giri 9
2.10 Cuscinetti del generatore 9
2.11 Albero veloce 9
2.12 Sistema di imbardata 9
2.13 Gru 10
2.14 Torre 10
2.15 Navicella basamento e copertura 10
2.16 Sistema di Condizionamento Termico 11

3 Progetto elettrico 12

3.1 Generatore 12
3.2 Convertitore 12
3.3 Trasformatore AT 12

3.4 Cavo MT turbina 13
3.5 Quadro AT 13
3.6 Servizi ausiliari 13
3.7 Sensori di vento 14
3.8 MP (Multi Processor) Controller 14
3.9 Gruppo Di Continuità 14

4 Sistema di Protezione Della Turbina 15

4.1 Concetto di frenata 15
4.2 Protezioni da corto circuito 15
4.3 Protezione dalla sovravelocità 15
4.4 Protezione di messa a terra per le pale, la navicella, il mozzo e la torre 15
4.5 EMC System 16
4.6 Impianto di terra 16

5 Sicurezza 17

5.1 Accesso 17
5.2 Via di fuga 17
5.3 Aree e spazi di lavoro 17
5.4 Pavimenti, piatteforme e luoghi di lavoro 17
5.5 Montacarichi di servizio 17
5.6 Parti mobili, protezioni e dispositivi di blocco 18
5.7 Luci 18
5.8 Arresto d'emergenza 18
5.9 Disconnessione dell'energia 18
5.10 Protezione dal fuoco 18
5.11 Segnali d'avvertimento 18
5.12 Manuali e avvertenze 18

6 Ambiente 19

6.1 Prodotti chimici 19

7 Approvazioni e codici di progettazione 20

7.1 Approvazioni tipo 20

7.2 Approvazioni dei Codici – Progettazione strutturale 20

8 Colori 21

8.1 Colore navicella 21

8.2 Colore della torre 21

8.3 Colore delle pale 21

9 Condizioni di funzionamento e linee guida delle prestazioni 22

9.1 Condizioni del sito e clima 22

10 Fondazioni turbine 23

10.1 Plinto di fondazione 23

10.1.1 Calcestruzzo 23

11 Cavidotti AT interni 25

11.1 Introduzione 25

11.2 Descrizione impianto eolico 25

11.3 Criteri progettuali 25

11.4 Modalità di posa e realizzazione 26

12 Interferenze 29

1 Introduzione

F4 ingegneria Srl, in qualità di Consulente, è stata incaricata dalla società proponente wpd Salentina Srl di redigere il progetto definitivo per la costruzione di un nuovo parco eolico denominato “Monteruga” e relative opere di connessione alla RTN, localizzato nei comuni Salice Salentino (LE), Veglie (LE), Nardò (LE), Avetrana (TA), San Pancrazio Salentino (BR) ed Erchie (BR).

Il progetto proposto prevede l’installazione di 5 nuovi generatori eolici ciascuno di potenza nominale fino a 6.6 MW, in linea con i più elevati standard tecnici presenti sul mercato, per una potenza installata complessiva pari a 33 MW.

Il tipo di aerogeneratore previsto per l'impianto in oggetto è un aerogeneratore ad asse orizzontale con rotore tripala, le cui caratteristiche principali sono di seguito riportate:

- rotore tripala a passo variabile, di diametro massimo pari a 170 m, posto sopravvento alla torre di sostengo, costituito da 3 pale generalmente in resina epossidica rinforzata con fibra di vetro e da mozzo rigido in acciaio;
- navicella in carpenteria metallica con carenatura in vetroresina e lamiera, in cui sono collocati il generatore elettrico, il moltiplicatore di giri, il convertitore elettronico di potenza, il trasformatore BT/AT e le apparecchiature idrauliche ed elettriche di comando e controllo;
- torre di sostegno tubolare troncoconica in acciaio e cemento, avente altezza fino all'asse del rotore pari a massimi 165 m;
- altezza complessiva massima fuori terra dell’aerogeneratore pari a 250.0 m;
- area spazzata massima: 22698 m^2.

Il modello di aerogeneratore attualmente previsto dalla proposta progettuale in esame è caratterizzato da un diametro massimo del rotore pari a 170 m e da un’altezza complessiva al tip (punta) della pala di 250 m; quindi, si tratterà di macchine di grande taglia.

I principali componenti dell’impianto risultano essere, quindi:

- i generatori eolici;
- le linee elettriche AT (a 36 kV) in cavo interrato, che collegano gli aerogeneratori tra loro in opportuni circuiti elettrici e con il futuro ampliamento della Stazione Elettrica RTN Terna già in esercizio nel Comune di Erchie;

Ogni aerogeneratore produrrà energia elettrica rinnovabile alla tensione di 690 V circa. All'interno di ciascuna torre è installato un trasformatore che provvederà all'innalzamento della tensione a 36 kV. L'energia sarà quindi immessa in una rete in cavo interrato a 36 kV per il trasporto alla Stazione Elettrica RTN, dove subirà un ulteriore innalzamento di tensione (36/150 kV) prima dell'immissione nella rete di trasmissione nazionale ad alta tensione.

Il progetto è in linea con gli obiettivi nazionali ed europei per la riduzione delle emissioni di CO_2, connesse a processi di produzione di energia elettrica da fonti fossili.

Il sito scelto, in tale contesto, viene a ricadere in aree naturalmente predisposte a tale utilizzo e quindi ottimali per un razionale sviluppo nel settore rinnovabile.

Lo sviluppo di tali fonti di approvvigionamento energetico, quindi, oltre a contribuire all'incremento dello stesso approvvigionamento ed alla diversificazione delle fonti, favorisce l'occupazione e il coinvolgimento delle realtà locali riducendo l'impatto sull’ambiente legato al tradizionale ciclo di produzione energetica.

Il presente documento illustra, sulla base delle specifiche tecniche, tutti i contenuti prestazionali tecnici degli elementi costruttivi previsti nel progetto.

Il disciplinare contiene, inoltre, la descrizione, anche sotto il profilo estetico, delle caratteristiche, della forma e delle principali dimensioni dell'intervento, dei materiali e di componenti previsti nel progetto. In ogni caso il disciplinare fornisce indicazioni specifiche almeno sui componenti dell'impianto quali rotore, sistema di orientamento del rotore, sistema di controllo, ecc.).

2 Descrizione generale

Il modello di aerogeneratore attualmente previsto dalla proposta progettuale in esame, presenta le seguenti caratteristiche dimensionali:

- potenza nominale massima aerogeneratore: 6.6 MW
- diametro massimo rotore: 170 m
- altezza complessiva massima al tip (punta) 250 m

In particolare, il modello commerciale che attualmente soddisfa questi requisiti tecnico-dimensionali è il Siemens-Gamesa SG 170 HH 165 m 6.6 MW.

La macchina eolica utilizza un sistema di potenza basato su di un generatore accoppiato ad un convertitore elettronico di potenza. Con queste caratteristiche la turbina eolica è in grado di lavorare anche a velocità variabile mantenendo una potenza in prossimità di quella nominale anche in caso di vento forte. Alle basse velocità del vento, il sistema consente di lavorare massimizzando la potenza erogata alla velocità ottimale del rotore e all'opportuno angolo di inclinazione delle pale.

2.1 Componenti meccaniche

Il modello di aerogeneratore è equipaggiato con un rotore di 170 m di diametro massimo costituito da tre pale ed un mozzo. Le pale sono controllate per mezzo di un microprocessore nel sistema del controllo del passo. Basandosi sulle prevalenti condizioni del vento, le pale sono continuamente posizionate per ottimizzare l'angolo di passo.

2.2 Rotore

Tabella 1

Rotore	
Diametro	*max 170 m*
Velocità massima di rotazione	*11 rpm*
Area spazzata	*22698 m^2*
Direzione di rotazione	*In senso orario (vista di fronte)*
Orientamento	*Controvento*
Tilt	*6°*
Numero delle pale	*3*

2.3 Pale

Tabella 2

Pale	
Descrizione tipo	Gusci a profilo alare vincolati contenenti longheroni incorporati
Lunghezza della pala	Circa 83.3 m
Materiale	Resina epossidica rinforzata con fibre di vetro e di carbonio
Connessione delle pale	Inserti in acciaio
Profili	Profilo ad alta portanza

Pale	
Corda massima	4.5 m
Lubrificazione	Grasso, lubrificazione manuale

2.4 Sistema di regolazione del passo

La turbina è equipaggiata con un sistema di regolazione del passo idraulico per ogni pala. Ogni sistema di regolazione del passo è connesso all'unità di distribuzione idraulica in navicella per mezzo di un sistema distribuito di manicotti flessibili.

Ogni sistema di regolazione è composto da un cilindro idraulico fissato all'hub ed un pistone montato sul cuscinetto della pala.

Tabella 3

Sistema di regolazione del passo	
Tipo	Idraulico
Numero	1 cilindro per pala
Intervallo	Da -5° a 95°

2.5 Hub

L' hub (mozzo) supporta le tre pale e trasferisce le forze di reazione al cuscinetto principale e la torsione al moltiplicatore di giri. La struttura dell'hub supporta anche i cuscinetti della pala e il cilindro di passo.

Tabella 4

Hub	
Tipo	Guscio in ghisa
Materiale	Ghisa

2.6 Albero lento

L'albero lento trasferisce le forze di reazione al cuscinetto principale e il momento al moltiplicatore di giri.

Tabella 5

Albero lento	
Descrizione tipo	Tubo cavo
Materiale	Ghisa

2.7 Scatola del cuscinetto

Tabella 6

Scatola del cuscinetto principale	
Materiale	Ghisa

2.8 Cuscinetto principale

Il cuscinetto principale sopporta tutti i carichi di spinta.

Tabella 7

Cuscinetto principale	
Tipo	Doppia fila di cuscinetti a sfera
lubrificazione	Lubrificazione automatica mediante circolazione forzata d'olio

2.9 Moltiplicatore di giri

Il moltiplicatore di giri converte la rotazione da bassa velocità del rotore a quella veloce del generatore. Il moltiplicatore di giri è un differenziale a quattro stadi dove i primi tre sono di tipo epicicloidale e il quarto è di tipo elicoidale.

Tabella 8

Moltiplicatore	
Tipo	Differenziale, tre stadi epicicloidali + uno elicoidale
materiale alloggiamento	Fusion
Sistema di lubrificazione	Pompa ad olio riempita da una tanica esterna a gravità
Volume totale dell'olio del cambio	Approssimativamente 1000 l
Codici dell'olio di pulizia	ISO 4406-/15/12
Guarnizioni di tenuta	labirinto

2.10 Cuscinetti del generatore

I cuscinetti sono lubrificati ad olio fornito in modo continuato da una unità automatica di lubrificazione.

2.11 Albero veloce

L'albero veloce trasmette la torsione in uscita dall'asse di alta velocità del moltiplicatore all'asse del generatore.

Il giunto è composto da 4 pacchetti di giunzioni laminate ed un tubo intermedio in fibra di vetro con flange metalliche. Il giunto è dotato di due mozzi sul disco del freno e l'albero del generatore.

2.12 Sistema di imbardata

Il sistema di imbardata è un sistema attivo che collega la struttura e la trasmissione alla torre. Il cuscinetto di imbardata è un anello dentato esternamente con un cuscinetto a frizione e scorrimento a strisciamento (basato sul concetto di cuscinetto piano con PEPT come materiale di frizione). Una serie di motoriduttori epicicloidali elettrici aziona l'imbardata.

Tabella 9

Sistema di imbardata	
Tipo	Sistema a cuscinetto piano (Attivo)
Materiale	Anello di oscillazione forgiato a caldo. Cuscinetti PETP piani

2.13 Gru

La navicella è equipaggiata con una gru di carico di servizio. La gru è un sistema unico a paranco.

Tabella 10

Gru	
Capacità di sollevamento	Massimo 500 kg

2.14 Torre

La torre è composta da segmenti tubolari con flange di connessione disponibili in differenti altezze standard.

Tabella 11

Torre	
Tipo	Tubolare cilindrico/conico
Altezza mozzo	Max 165 m
Materiale	Acciaio/cemento

2.15 Navicella basamento e copertura

La copertura della navicella è realizzata in fibra di vetro. I portelli di accesso sono posti al piano inferiore e vengono utilizzati per l'abbassamento o l'innalzamento di equipaggiamento alla navicella o per l'evacuazione del personale. La sezione superiore è equipaggiata con sensori di vento e lucernari, i lucernari possono essere aperti sia dall'interno della navicella che dall'esterno per accedere al piano o fuori dalla navicella stessa. È possibile accedere alla navicella dalla torre attraverso il sistema di imbardata.

Il basamento della navicella è costituito in due parti e consiste in una fusione di ghisa per la parte frontale, e di una struttura a trave per quella posteriore. La parte frontale del basamento della navicella svolge la funzione di supportare l'albero principale di trasmissione (l'albero ad alta velocità) e trasmette le forze dal rotore alla torre tramite il sistema di imbardata. La piattaforma inferiore è connessa al cuscinetto di imbardata, gli attuatori di imbardata sono fissati alla base della navicella.

Le travi della gru sono attaccate alla cima della struttura. La parte posteriore del basamento serve come supporto ai pannelli di controllo, il sistema di raffreddamento ed il trasformatore. La copertura della navicella è montata sul basamento.

Tabella 12

Descrizione tipo	**Materiale**
Copertura della navicella	Carenatura in vetroresina e lamiera
Parte anteriore del basamento	Fusione di ghisa

Parte posteriore del basamento	Struttura reticolare

2.16 Sistema di Condizionamento Termico

Il sistema di condizionamento termico è costituito da pochi solidi componenti:

- Il Cooler posizionato in cima alla parte posteriore della navicella. Il Cooler funziona con il principio del raffreddamento mediante flusso libero; pertanto, non vi sono componenti elettrici del sistema all'esterno della navicella.
- Il sistema di raffreddamento a liquido primario, che serve per il raffreddamento del moltiplicatore e del sistema idraulico, attivato da una singola pompa elettrica;
- Il sistema di raffreddamento a liquido secondario, che serve i sistemi del generatore e del convertitore, azionato da una singola pompa elettrica;
- Il raffreddamento ad aria del trasformatore costituito da un ventilatore elettrico;
- Il raffreddamento ad aria della navicella composto di due ventilatori elettrici.

3 Progetto elettrico

3.1 Generatore

Il generatore è un generatore asincrono trifase doppiamente alimentato con un rotore avvolto, collegato ad un convertitore di frequenza PWM. Lo statore e il rotore del generatore sono entrambi realizzati con lamierini magnetici impilati e avvolgimenti. Il generatore è raffreddato ad aria.

Tabella 13:Caratteristiche del generatore

Generatore	
Tipo	Asincrono trifase
Potenza nominale	Fino a 6650 kW
Frequenza (range) [fN]	0 - 138 Hz
Tensione Statore [UNs]	3 X 800 V (alla velocità nominale)
Numero di poli	36
Tipo dell'avvolgimento	Impregnante pressurizzato sotto vuoto
Connessione dell'avvolgimento	Stella
Efficienza nominale (solo generatore)	98%
Sensori di temperatura, statore	6 sensori PT 100 posizionati nei punti caldi e 3 di riserva
Sensori di temperatura, cuscinetti	1 per cuscinetto ed uno di riserva per ognuno
Classe di isolamento	H
Allegato	IP 54

3.2 Convertitore

Il convertitore è un sistema convertitore di potenza elettronico AC/DC/AC che controlla sia il generatore che la qualità della potenza immessa in rete. Il convertitore consiste in quattro unità convertitrici che lavorano in parallelo con un controllore comune. Il convertitore permette la conversione della corrente alternata con frequenza variabile del generatore ad una corrente alternata con frequenza e con valori di potenza attiva e reattiva (ed altri parametri di connessione alla rete) adeguati alla rete. Il convertitore è posizionato nella navicella ed ha tensione lato rete di 690 V.

Tabella 14

Convertitore	
Potenza nominale apparente	6880 kVA
Tensione nominale della rete	3 x 690 V

3.3 Trasformatore AT

Il trasformatore di elevazione è posizionato in una stanza chiusa a parte nella navicella con un interruttore di corrente montato sul lato dell'alta tensione del trasformatore. Il trasformatore è a due avvolgimenti, a tre fasi.

Tabella 15

Trasformatore MT	
Tensione primaria [UN]	36 kV
Tensione secondaria [UNs]	3 x 690 V
Potenza nominale apparente [SN]	6880 kVA

3.4 Cavo MT turbina

Il cavo di alta tensione scende dal trasformatore nella navicella attraverso la torre fino al quadro collocato al fondo della stessa. Il cavo di alta tensione è un cavo con nucleo quadripartito, isolato in gomma, libero da alogeni.

3.5 Quadro AT

Il quadro di alta tensione per la connessione alla rete interna AT è collocato alla base della torre.

Tabella 16

Cavi di alta tensione	
Cavo isolato composito ad alta tensione	Etilpropilene (EP) migliorato, basato su materiali EPRo alto grado di etilpropilene in gomma HEPR
Sezione del conduttore	3 x 70/70 mm2
Massimo voltaggio	42kVpertensioni nominale 22.1 - 36 kV

Tabella 17

Tipo di isolamento	Isolato a gas SF6
Frequenza Nominale	50Hz
Tensione Nominale	36 kV
Tensione massima di isolamento	45 kV
Corrente	25 kA

3.6 Servizi ausiliari

I servizi ausiliari sono alimentati da un trasformatore 690/400 V separato, localizzato nella navicella. Tutti i motori, le pompe, i ventilatori e i riscaldatori sono alimentati da questo sistema.

Tutti gli apparecchi a 230 V sono alimentati da un trasformatore 400/230 V localizzato alla base della torre.

Tabella 18

Prese di corrente	
Monofase (Navicella e piattaforme della torre)	230 V (16 A)/110 V (16 A) 2 x 55 V (16)
Trifase (Navicella e base della torre)	3 x 400 V (16 A)

3.7 Sensori di vento

La turbina è equipaggiata con due anemometri ultrasonici senza parti mobili e una banderuola meccanica. I sensori sono incorporati a caldo per minimizzare le interferenze con ghiaccio e neve.

I sensori di vento sono ridondanti e la turbina può operare con un unico sensore.

Tabella 19

Sensori di Vento	
Principio	Risonanza acustica

3.8 MP (Multi Processor) Controller

La turbina è controllata e monitorata da un sistema di controllo.

È un sistema di controllo multiprocessore costituito da quattro processori principali (base, navicella, mozzo e converter), interconnessi da una rete ottica Mbit ArcNet.

In aggiunta ai quattro processori principali, il MP è composto da moduli I/O interconnessi da una rete CAN a 500 kbit. I moduli I/O sono connessi ai moduli dell'interfaccia CAN da una serie di circuiti CTBus.

Il sistema di controllo svolge le seguenti principali funzioni:

- Monitoraggio e supervisione complessiva delle operazioni.
- Sincronizzazione del generatore alla rete durante le sequenze di connessione.
- Funzionamento della turbina durante varie situazioni di errore.
- Controllo di passo delle pale.
- Controllo del potere di reazione e operazione di variazione di velocità.
- Controllo delle emissioni sonore.
- Monitoraggio delle condizioni ambientali.
- Monitoraggio della rete.
- Monitoraggio del sistema di detenzione dei fumi.

3.9 Gruppo Di Continuità

L'UPS è equipaggiata con un convertitore AC/DC; DC/AC e celle di batterie collocate nella stessa cabina.

Durante le interruzioni della rete, l'UPS alimenta le unità a 230 V AC. Il tempo di riserva per il sistema UPS è proporzionale al consumo di energia.

4 Sistema di Protezione Della Turbina

4.1 Concetto di frenata

Il freno principale sull'aerogeneratore è di tipo aerodinamico. L'arresto della turbina avviene per mezzo della rotazione delle pale (rotazione individuale per singola pala). Ogni pala ha un accumulatore che fornisce l'energia per la rotazione. La frenata della turbina è inoltre supportata da un resistore di frenata che è connesso al magnete permanente del generatore durante il rallentamento. Questo assicura che il momento è mantenuto, per esempio, durante una situazione di perdita della rete.

In aggiunta, c'è un freno meccanico a disco attuato idraulicamente per la frenata sull'albero veloce. Il freno meccanico è usato solamente come un freno di sosta e quando sono attivi i pulsanti per l'arresto d'emergenza.

4.2 Protezioni da corto circuito

Tabella 20

Interrutore	Interrutore per Aux. Power.	Interruttore 1 per moduli convertitore	Interruttore 1 per moduli convertitore
Potere di interruzione Icu, Ics	Icu 50 kA Ics 75% Icu	Icu 50 kA Ics 50% Icu	50 kA Ics 50% Icu
Potere di chiusura nominale in cortocircuito Icm	193 kA	193 kA	193 kA

4.3 Protezione dalla sovravelocità

Le velocità del generatore e dell'albero veloce sono registrate da sensori ad induzione e calcolati dal controller di turbina al fine di proteggere dalla sovravelocità e dagli errori di rotazione.

In aggiunta, la turbina è equipaggiata con un sistema PLC di sicurezza, costituito da un modulo computer indipendente che misura la velocità del rotore. In caso di situazione di fuori giri, il sistema PLC di sicurezza attiva la rotazione delle tre pale in posizione di sicurezza, indipendentemente dal sistema di controllo della turbina.

Tabella 21

Protezione da sovravelocità	
Tipo dei sensori	Induttivo

4.4 Protezione di messa a terra per le pale, la navicella, il mozzo e la torre

Il Sistema di messa a terra aiuta a proteggere la turbina contro i danni fisici causati dai fulmini. Il sistema consiste di cinque parti principali:

- Recettori dei fulmini;
- Sistema di conduzione verso il basso;
- Protezione contro la sovratensione e la sovracorrente;

- Schermatura contro i campi elettrici e elettromagnetici;
- Sistema di messa a terra.

Tabella 22

Parametri Progettuali della Protezione di Messa a Terra			**Livello di Protezione I**
Valore della Corrente di Picco	I max	[kA]	200
Impulso di carica	Q impulso	[C]	100
Durata della carica	Q lunghezza	[C]	200
Carica totale	Q totale	[C]	300
Energia Specifica	W/R	[MJ/Ω]	10
Pendenza media	Di/dt	[kA/µs]	20

4.5 EMC System

La turbina ed il relativo equipaggiamento adempiono alla legislazione dettata dal EU Eletromagnetic Compatibility (EMC): DIRECTIVE 2004/108/EC OF THE EUROPEAN PARLAMIENT AND OF THE COUNCIL del 15 dicembre 2005 circa la compatibilità elettromagnetica degli apparati elettrici ed elettronici che abroga la direttiva 89/336/EEC.

4.6 Impianto di terra

L'impianto di terra dell'aerogeneratore è costituito da un numero di elettrodi di messa a terra individuali interconnessi come un unico sistema. Include il sistema TN e il sistema di protezioni contro le scariche atmosferiche per ogni singola turbina.

Il sistema di messa a terra dell'aerogeneratore è adattato per i differenti tipi di fondazioni delle turbine. Un insieme separato di documenti descrive il sistema di messa a terra in dettaglio, in dipendenza del tipo di fondazione.

5 Sicurezza

Le specifiche di sicurezza in questa sezione forniscono le informazioni generali circa le caratteristiche di sicurezza della turbina e non sostituiscono, per il compratore ed i suoi agenti, il prendere tutte le appropriate precauzioni, incluso, ma non solo, il rispetto di tutte le norme di sicurezza, la manutenzione, gli accordi di servizio, le istruzioni, le ordinanze e le condotte appropriate in materia di formazione per la sicurezza.

5.1 Accesso

L'accesso alla turbina dall'esterno avviene tramite la parte bassa della torre. La porta è equipaggiata con una serratura. L'accesso alla piattaforma in cima avviene tramite una scala. L'accesso alla stanza del trasformatore nella navicella è controllato con una serratura. Un accesso non autorizzato ai quadri e ai pannelli elettrici nella turbina è proibito in accordo con la IEC 60204-1 2006.

5.2 Via di fuga

In aggiunta alle normali vie di accesso, vie di fuga alternative dalla navicella sono possibili attraverso la botola della gru, attraverso un portello apribile sul muso della navicella, e attraverso il pavimento della stessa. Nella navicella è localizzato l'equipaggiamento di sicurezza.

Il portello nel pavimento può essere aperto da entrambi i lati. Una via di fuga è rappresentata dalla scala dell'elevatore di servizio. Un piano di emergenza, collocato nella turbina, descrive le vie di fuga ed evacuazione.

5.3 Aree e spazi di lavoro

La torre e la navicella sono equipaggiate con prese di corrente per l'uso di strumenti elettrici per il servizio e la manutenzione della turbina.

5.4 Pavimenti, piatteforme e luoghi di lavoro

Tutti i pavimenti sono anti sdrucciolo. C'è un pavimento per ogni sezione della torre. Piattaforme di sosta sono presenti ad intervalli regolari metri lungo la scala della torre. Supporti di appoggio sono localizzati nella turbina per gli scopi di servizio e manutenzione.

5.5 Montacarichi di servizio

L'aerogeneratore è fornita con un elevatore standard di servizio.

Servizi per l'arrampicata. Una scala con sistema di arresto caduta è montata per l'intera lunghezza della torre. Ci sono punti di ancoraggio nella torre, nella navicella e nel mozzo, e sul pavimento per l'attacco di equipaggiamenti di sicurezza.

Sul portello della gru c'è un punto di ancoraggio per l'equipaggiamento di discesa d'emergenza. Punti di ancoraggio sono colorati di giallo e sono calcolati e testati per 22.2 kN.

5.6 Parti mobili, protezioni e dispositivi di blocco

Tutte le parti mobili nella navicella sono schermate. La turbina è equipaggiata con una serratura per il rotore per il suo blocco.

5.7 Luci

La turbina è equipaggiata con luci nella torre, nella navicella, nella stanza del trasformatore e nel mozzo. C'è una luce d'emergenza in caso di mancanza di corrente elettrica.

5.8 Arresto d'emergenza

Ci sono pulsanti per l'arresto d'emergenza nella navicella, nel mozzo e alla base della torre.

5.9 Disconnessione dell'energia

La turbina è equipaggiata con interruttori per consentire la disconnessione da tutte le fonti di energia in caso d'ispezione o manutenzione. Gli interruttori sono marcati con segnali e sono collocati nella navicella e alla base della torre.

5.10 Protezione dal fuoco

Un estintore da 5-6 kg di CO_2, un kit di primo intervento sono collocati nella navicella durante le operazioni di servizio e manutenzione.

5.11 Segnali d'avvertimento

Segnali di pericolo sono posizionati dentro e sulla turbina.

5.12 Manuali e avvertenze

La casa produttrice fornisce manuali per le operazioni, la manutenzione e il servizio della turbina, con regole e informazioni aggiuntive di sicurezza.

6 Ambiente

6.1 Prodotti chimici

I prodotti chimici usati nella turbina sono valutati in accordo al Sistema A/S Ambientale certificato ISO 14001:2015. I seguenti prodotti chimici sono usati nella turbina:

- Antigelo per prevenire il sistemo di raffreddamento dal gelo.
- Olio per la lubrificazione del cambio.
- Olio idraulico per il sistema di beccheggio delle pale e l'operatività del freno.
- Grasso per la lubrificazione dei cuscinetti.

Vari agenti pulenti e prodotti chimici per la manutenzione della turbina.

7 Approvazioni e codici di progettazione

7.1 Approvazioni tipo

Il certificato di tipo della turbina risponde ai seguenti standard:

Tabella 23

Certificazione	Wind Class
IEC61400-1	IEC IIIA
	IEC IIIB
DIBt Anlage 2.7/10	DIBt II

7.2 Approvazioni dei Codici – Progettazione strutturale

Il progetto della turbina è stato sviluppato e testato con riguardo a, ma non limitatamente a, i seguenti principali standard:

Tabella 24

Codici di Progettazione	
Navicella e mozzo	IEC 61400 – 1 III Edizione EN 50308
Torre	IEC 61400 – 1 III Edizione Euro Codice 3
Pale	DNV – OS – J102 IEC 1024 – 1 IEC 60721 – 2 – 4 IEC 61400 (Parte 1, 12 e 23) IEC WT 01 IEC DEFU R25 ISO 2813 DS/EN ISO 12944 - 2
Scatola del Cambio	ISO 81400 - 4
Generatore	IEC 60034
Trasformatore	IEC 60076 - 11
Protezione dai fulmini	IEC 62305 -1: 2006 IEC 62305 -3: 2006 IEC 62305 -4: 2006 IEC/RT 61400 – 24: 2002
Macchine elettriche Rotanti	IEC 34
Sicurezza relativa ai Sistemi di controllo	IEC 13849 - 1
Sicurezza relativa alle Attrezzature Elettriche	IEC 6024 - 1

8 Colori

8.1 Colore navicella

Tabella 25

Colore delle navicelle	
Colore Standard	RAL 7035 (grigio chiaro) o bianco RAL 9018

8.2 Colore della torre

Tabella 26

Colore per la sezione della torre		
Colore Standard	**Esterno**	**Interno**
	RAL 7035 (grigio chiaro) o bianco RAL 9018	RAL9001 (bianco crema)

8.3 Colore delle pale

Tabella 27

Colore delle Pale	
Colore Standard	RAL 7035 (grigio chiaro) o bianco RAL 9018
Varianti	RAL 2009, RAL 3020
Lucido	< 30 % DS/EN ISO 2813

9 Condizioni di funzionamento e linee guida delle prestazioni

Il clima e le condizioni del sito comprendono molte variabili e dovrebbero essere considerate nella valutazione delle prestazioni della turbina. Il progetto e i parametri operativi stabiliti in questa sezione non costituiscono garanzie, o rappresentazione delle performance in riferimento ai siti specifici.

9.1 Condizioni del sito e clima

Valori riferiti all'altezza del mozzo:

Tabella 28

Parametri estremi	
Condizioni climatiche del vento	**IEC IIA**
Intervallo della Temperatura Ambiente (temperature standard della turbina)	-20° a +40°C
Velocità estrema di vento (media di 10 minuti)	37.5 m/s
Velocità del vento limite al danno (3 raffiche al secondo)	52.5 m/s

Parametri medi di progetto	
Condizioni climatiche del vento	**IEC IIIA/IIIB**
Velocità del vento	7.5 m/s
Fattore - A	8.46 m/s
Fattore di forma - C	2.0
Intensità di turbolenza secondo IEC 61400 – 1, inclusa la turbolenza della Wind Farm (@ 15 m/s – 90% quantile)	16%/14%
Vento di taglio	0.20
Angolo di flusso (verticale)	8°

10 Fondazioni turbine

Particolare importanza riveste la fondazione che deve sopportare le notevoli sollecitazioni statiche e dinamiche prodotte dalle turbine.

Oltre al considerevole peso che gli aerogeneratori concentrano su una superficie molto piccola, sono rilevanti le tensioni orizzontali prodotte sul terreno dovute alla spinta orizzontale del vento su una superficie pari a quella spazzata dalle pale, provenendo il vento da ogni direzione. A queste condizioni di carico si sommano quelle dovute ai probabili eventi sismici; pertanto, la fondazione è costituita da un plinto in c.a. su pali tale da evitare fenomeni di punzonamento, dimensionato per resistere agli sforzi di slittamento e di ribaltamento (cfr. elaborati grafici di progetto).

10.1 Plinto di fondazione

Negli elaborati grafici è rappresentato il tipologico della fondazione calcolata per la turbina di progetto con mozzo a 165 metri di altezza.

Il calcolo e il progetto sono realizzati partendo da quanto rilevato nello studio geologico cui si rimanda per i dettagli.

Tutti i lavori sono effettuati in accordo all'Euro Codice 2: "EN 1992-1-1-2004 Progettazione di Strutture in Calcestruzzo", e l'Euro Codice 7: "EN 1997-1 Progettazione geotecnica"

La gabbia d'ancoraggio tra torre e fondazione, inclusi i bulloni, viene fornita da SG come unità da montare in sito. La gabbia d'ancoraggio è impostata sul livello del magrone di fondazione e regolata per l'aggiustamento della posizione, verticale e orizzontale, per mezzo di bulloni di aggiustamento al livello della flangia più bassa. Durante la colata, che può essere fatta simultaneamente dentro e fuori la gabbia, molta attenzione dev'essere impiegata perché la gabbia non si sposti e che la flangia in basso sia a completo contatto con il calcestruzzo.

10.1.1 Calcestruzzo

I lavori in calcestruzzo sono in accordo conl'ENV 13670 – 1 "Esecuzione Delle Strutture In Calcestruzzo – Parte I" Il calcestruzzo dev'essere composto, mescolato e preparato in accordo con l'EN 206 – 1.

- Classe di resistenza: C35/45 per il plinto; C45/55 per il piedistallo; C25/30 per i pali
- Classe di esposizione: xC4 / xD1/ xS1 / xF3 / xA2.
- Taglia massima della ghiaia: 32 mm.
- Densità del calcestruzzo minima richiesta per la stabilità: 2221 kg/m³.
- Rivestimento: C_{nom} = 65+/-10 contro forma o livello di pulizia, e C_{nom} = 100+/-10 contro terra.
- Il controllo di qualità del calcestruzzo dev'essere in accordo alla EN 206-1.
- Rinforzi: 5500 classe B o C in accordo con la EN 10080 con un Fyk minimo = 500 N/mm².

Malta non termoretraibile con una resistenza minima a compressione di 100 N/mm². La resistenza minima a compressione di post tensione di 92 N/mm², a dopo un giorno: 10 N/mm² (Malta 2).

La Malta 2 e la sigillatura sono fornite dalla SG.

Condizioni del terreno che devono essere soddisfatte.

- Densità di riempimento di 16.2 kN/m³.
- Il peso del riempimento è incluso nella stabilità e non deve essere rimosso.

- Il massimo livello di acqua superficiale deve essere uguale a 0. Nessun drenaggio è richiesto.

A scopo esemplificativo si veda la "Relazione preliminare sulle strutture" che riporta il calcolo preliminare della fondazione tipo utilizzando i carichi relativi all'aerogeneratore adottato in questo progetto.

11 Cavidotti AT interni

11.1 Introduzione

Il progetto proposto riguarda l'installazione di un nuovo impianto eolico, denominato "Monteruga", con le relative opere di connessione alla RTN, nei territori comunali di Salice Salentino (LE), Veglie (LE), Nardò (LE), Avetrana (TA), San Pancrazio (BR) e Erchie (BR).

11.2 Descrizione impianto eolico

L'impianto eolico in oggetto è un impianto di produzione da fonte rinnovabile di tipo eolico, costituito da 5 aerogeneratori. Il modello di aerogeneratore attualmente previsto dalla proposta progettuale in esame, presenta le seguenti caratteristiche dimensionali:

- potenza nominale massima aerogeneratore: 6.6 MW
- diametro rotore: max 170 m
- altezza complessiva massima al tip (punta): 250 m

Le caratteristiche dell'impianto sono riportate nella tabella seguente:

Tabella 29

Generatore	Tipo generatore	Asincrono trifase
	Potenza nominale	max. 6650 kW
	Tensione nominale statore	0,72 kV
	Frequenza	50 Hz
	Numero di poli	36
Trasformatore	Potenza nominale	max.7000 kVA
Riduttore	Tipo	Differenziale con tre stadi epicicloidali ed uno elicoidale
Rotore	Diametro	max 170 m
	Velocità cut in	3 m/s
	Velocità cut out	25 m/s
Sostegno	Altezza	Max 165 m

11.3 Criteri progettuali

L'energia elettrica prodotta dai singoli aerogeneratori è convogliata ad una cabina di raccolta attraverso una rete di cavidotti costituita da 2 linee a 36 kV a neutro isolato. Ogni linea è dedicata al trasporto dell'energia elettrica prodotta dalle turbine appartenenti a uno dei sottocampi in cui è stato suddiviso il parco:

- Sottocampo 1: 6.6 x 2 = 13.2 MW (T1-T2);
- Sottocampo 2: 6.6 x 3 = 19.8 MW (T3-T4-T5);

La definizione dei sottocampi e dei tracciati delle linee elettriche sono stati studiati secondo quanto previsto dall'art. 121 del T.U. 11/12/1933 n° 1775, comparando le esigenze della pubblica utilità dell'opera con gli interessi sia pubblici che privati coinvolti.

La rete di cavidotti AT si estende lungo uno scavo di lunghezza pari a circa 17611m.

Nella definizione dell'opera sono stati adottati i seguenti criteri progettuali:

- contenere per quanto possibile i tracciati dei cavidotti sia per occupare la minor porzione possibile di territorio, sia per non superare certi limiti di convenienza tecnico-economica;
- evitare per quanto possibile di interessare case sparse ed isolate, rispettando le distanze prescritte dalla normativa vigente;
- minimizzare le interferenze con zone di pregio naturalistico, paesaggistico e archeologico;
- transitare su aree di minor pregio interessando aree prevalentemente agricole e sfruttando la viabilità esistente.

I cavidotti AT seguono strade di accesso nuove e/o esistenti per la maggior parte del loro percorso.
Il dimensionamento dei cavi è stato effettuato in base a:

- criterio termico, per cui la corrente di impiego è inferiore alla corrente nominale del cavo ridotta mediante alcuni coefficienti correttivi che tengono conto delle condizioni di posa, in base alla seguente formula:

$$I_b = \frac{P}{\sqrt{3}V_n cos\varphi} < k_H \cdot k_{pt} \cdot k_T \cdot k_D \cdot I_{nC}$$

in cui P è la potenza che transita nel tronco di linea, Vn è la tensione di parco pari a 36 kV, cosϕ è il fattore di potenza assunto pari a 0.95, in cui kH dipende dalla profondità di posa; kpt dipende dalla resistività termica del terreno; kT dipende dalla temperatura del terreno; kD dipende dalla temperatura del terreno, Inc è la corrente nominale del cavo,

- criterio della massima caduta di tensione percentuale per cui la somma delle cadute di tensione calcolate nei tronchi di linea comprese fra una determinata turbina ed il punto di connessione deve essere inferiore ad un valore prestabilito (3 – 4%):

$$\Delta V = \sum_{i}^{N} \sqrt{3} I_{bi} L_i \cdot (R_i cos\varphi + X_i sen\varphi)$$

- criterio delle perdite calcolate in funzione della distribuzione di Weibull calcolata in funzione delle misure anemometriche sul sito.

Il calcolo della corrente di impiego, delle cadute di tensione e delle perdite è eseguito con fattore di potenza (cosϕ) pari a 0.95.

11.4 Modalità di posa e realizzazione

Con riferimento alla norma CEI 11-17 le modalità di posa dei cavi potranno essere secondo la configurazione M.1 o M.2

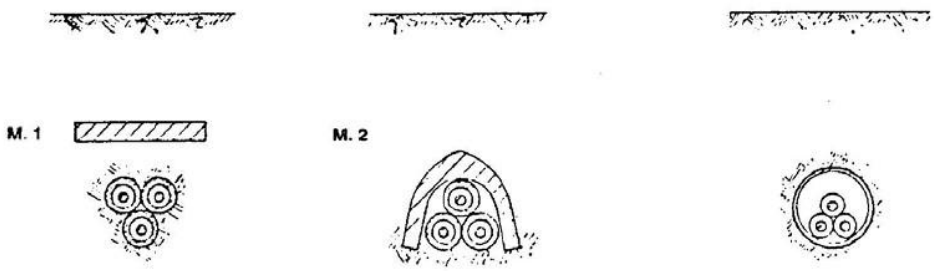

Figura 1: Modalità di posa

L'integrità dei cavi deve essere garantita da una robusta protezione meccanica supplementare in grado di assorbire senza danni per il cavo stesso le sollecitazioni meccaniche, statiche e dinamiche

derivanti dal traffico veicolare (resistenza a schiacciamento) e degli abituali attrezzi manuali di scavo (resistenza all'urto).

Per quanto concerne le profondità minime di posa nel caso di attraversamento della sede stradale vale il Nuovo Codice della Strada che fissa un metro, dall'estradosso della protezione per le strade di uso pubblico, mentre valgono le profondità minime stabilite dalla norma CEI 11-17 per tutti gli altri suoli.

La profondità di posa dei cavi sarà generalmente di 1.2 m rispetto ai piani finiti di strade o piazzali o alla quota del piano di campagna.

Eventuali variazioni si potrebbero rendere necessarie in corrispondenza d'incroci con altri servizi tecnologici interrati. Nei tratti con più terne gli interassi misureranno circa 30 cm.

Le trincee avranno una larghezza pari a 50 cm nel caso di una terna e 70 cm nel caso di due terne. La sezione di posa dei cavi, inoltre, sarà variabile a seconda dell'ubicazione in sede stradale, in terreno o su strada mistata.

La fascia di terreno potenzialmente impegnata durante la fase di costruzione/manutenzione sarà di circa 6 m.

I cavi di potenza, a fibre ottiche e il dispersore di terra saranno posati in uno strato di terreno di scavo o eventuale materiale sabbioso (pezzatura massima: 5 mm) di circa 50 cm su cui saranno appoggiati i tegoli o le lastre copricavo. Un nastro segnalatore sarà posto all'interno del rimanente volume dello scavo riempito con materiale arido a circa 50 cm dalla superficie.

La posa dei cavi si articolerà nelle seguenti attività:

- scavo a sezione obbligata della larghezza e della profondità precedentemente menzionate;
- posa del cavo di potenza e del dispersore di terra;
- rinterro parziale con strato di sabbia vagliata (eventuale);
- posa del tubo contenente il cavo in fibre ottiche;
- posa dei tegoli protettivi;
- rinterro parziale con terreno di scavo;
- posa nastro monitore;
- rinterro complessivo con ripristino della superficie originale;
- apposizione di paletti di segnalazione presenza cavo.

Nella posa degli stessi cavi dovranno essere rispettati alcuni criteri particolari per l'esecuzione delle opere in accordo con la regola d'arte come di seguito indicata.

Laddove il tracciato dei cavidotti è caratterizzato da ampi tratti rettilinei, la posa del cavo può essere effettuata con il metodo a bobina fissa; in questo caso la bobina deve essere posta sull'apposito alza bobine, con asse di rotazione perpendicolare all'asse mediano della trincea ed in modo che si svolga dal basso. Sul fondo della trincea devono essere collocati ad intervalli variabili in dipendenza del diametro e della rigidità del cavo i rulli di scorrimento. Tale distanza non deve comunque superare i 3 m. In alternativa potrà essere utilizzata la tecnica della bobina mobile: in questo caso il cavo deve essere steso percorrendo con il carro porta bobine il bordo della trincea e quindi calato manualmente nello scavo.

L'asse del cavo posato nella trincea deve scostarsi dall'asse della stessa di qualche centimetro a destra ed a sinistra, al fine di evitare dannose sollecitazioni dovute all'assestamento del terreno.

Durante le operazioni di posa, gli sforzi di tiro devono essere applicati ai conduttori e non devono superare i 60 N/mm^2 rispetto alla sezione totale. Il raggio di curvatura dei cavi durante le operazioni d'installazione non dovrà essere inferiore a 3 m.

Lo schermo metallico dei singoli spezzoni di cavo dovrà essere messo a terra da entrambe le estremità della linea.

Per la posa dei cavi in fibra ottica lo sforzo di tiro che può essere applicato a lungo termine sarà al massimo di 3000 N. Il raggio di curvatura dei cavi durante le operazioni d'installazione non dovrà essere inferiore a 20 cm.

12 Interferenze

Così come le infrastrutture lineari energetiche, il procedimento autorizzatorio di cui all'art. 12, d.lgs. 387/2003 e gli effetti dell'Autorizzazione Unica ottenuta dopo opportuna conferenza di servizi, comporta la dichiarazione di pubblica utilità degli interventi previsti a progetto, ai sensi degli artt. 52-quater "Disposizioni generali in materia di conformità urbanistica, apposizione del vincolo preordinato all'esproprio e pubblica utilità" e 52-quinquies "Disposizioni particolari per le infrastrutture lineari energetiche facenti parte delle reti energetiche nazionali" d.p.pr. 327/2001. Ne consegue che le aree scelte per la realizzazione dell'impianto risultano disponibili a norma di legge.

Censimento delle interferenze e degli enti gestori

Le reti esistenti nell'area d'intervento che interferiscono con le opere di progetto sono di vario tipo:

- eventualmente rete elettrica interrata;
- reticolo idrografico: le aste fluviali presenti nell'area d'intervento. In questo caso l'Ente è l'Autorità di Bacino dell'Appenino Meridionale – ex ADB Basilicata.

Accertamento di eventuali interferenze con strutture esistenti

La viabilità all'interno del parco, di tipo comunale, si presenta in condizioni variegate.

In particolare, alcune delle strade comunali risultano essere idonee, in termini di pendenze e di raggi di curvatura, al transito dei mezzi che dovranno trasportare i componenti degli aerogeneratori durante la fase di installazione degli stessi. Altre strade comunali, invece, non risultano esserlo, pertanto la prima interferenza con le strutture esistenti da annoverare è l'inadeguatezza di alcune strade al transito dei mezzi pesanti durante la fase di cantiere.

Inoltre, si evidenziano interferenze tra i cavidotti interrati ed il reticolo idrografico in diversi casi, sia lungo la viabilità esistente che di progetto; in tali situazioni è prevista la posa dei cavidotti mediante Trivellazione Orizzontale Controllata (TOC) fino a raggiungere una profondità, in corrispondenza dell'intersezione, non inferiore a 2 m. In corrispondenza di eventuali ponticelli e/o viadotti, l'interferenza viene risolta mediante staffaggio (cfr. planimetria con individuazione delle interferenze).

Delle interferenze individuate, solo alcune necessitano della realizzazione ex novo di un attraversamento idraulico (Tombino) con la posa in opera di una tubazione di adeguato diametro tipo ARMCO (cfr. Relazione idrologica e idraulica).

In particolare, il cavidotto di collegamento in diversi punti verrà realizzato in TOC allo scopo di risolvere, senza interferenze visibili o dirette, anche l'intersezione con la presenza eventuale di rete elettrica interrata.

Tali interferenze sono meglio rappresentate negli elaborati "Planimetria con individuazione delle interferenze".

Per quanto riguarda l'interferenza tra strade comunali e le fasi di lavoro iniziali di installazione delle torri si rappresenta quanto segue.

Le strade giudicate non idonee al transito dei mezzi saranno oggetto di interventi di adeguamento per allargarne la sede stradale fino a circa 5.0 m, e nell'aumento del raggio di curvatura, il quale in nessun caso sarà inferiore a 70 metri.

La viabilità del parco prevede la progettazione di strade ex-novo, pertanto classificabili come nuovi interventi, che consentiranno l'accesso alle piazzole a servizio degli aerogeneratori.