



REGIONE
BASILICATA



COMUNE DI
MATERA



PROVINCIA DI
MATERA

PROGETTO DEFINITIVO

Impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica "Serra Brizzolina" di
potenza nominale pari a 47.6 MW

Titolo elaborato

A.15 - Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici

Codice elaborato

F0533AR11A

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)



Gruppo di lavoro

Dott. For. Luigi ZUCCARO
Ing. Giuseppe MANZI
Ing. Flavio TRIANI
geom. Nicola DEMA
Ing. Gerardo Giuseppe SCAVONE
Arch. Gaia TELESCA
Ing. jr Daniele GERARDI
Dott. For. Francesco NIGRO



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).

Consulenze specialistiche

Committente

APOLLO Wind srl

Via della Stazione 7 39100
Bolzano (Bz)

Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
Giugno 2023	Prima emissione	DGE	LZU	GDS

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	9
2.8	Cuscinetto principale	9
2.9	Moltiplicatore di giri	9
2.10	Cuscinetti del generatore	10
2.11	Albero veloce	10
2.12	Sistema di imbardata	10
2.13	Gru	10
2.14	Torre	10
2.15	Navicella basamento e copertura	11
2.16	Sistema Di Condizionamento Termico	11
3	Progetto elettrico	12
3.1	Generatore	12
3.2	Convertitore	12
3.3	Cavo AT turbina	13
3.4	Quadro AT	13
3.5	Servizi ausiliari	13
3.6	Sensori di vento	14

3.7	MP (Multi Processor) Controller	14
3.8	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	16
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, piattaforme 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	22
8.1	Colore navicella	22
8.2	Colore della torre	22
8.3	Colore delle pale	22
9	Condizioni di funzionamento e linee guida delle prestazioni	23
9.1	Condizioni del sito e clima	23
10	Fondazioni turbine	24
10.1	Plinto di fondazione	24
10.1.1	Calcestruzzo	24
11	Cavidotti AT interni	26
11.1	Introduzione	26
11.2	Descrizione impianto eolico	26
11.3	Criteri progettuali	27
11.4	Caratteristiche dei cavidotti	29
11.5	Modalità di posa e realizzazione	34
12	Interferenze	36

1 Introduzione

F4 ingegneria Srl, in qualità di Consulente, è stata incaricata dalla società proponente Apollo Wind s.r.l. di redigere il progetto definitivo per la costruzione di un nuovo parco eolico denominato "Serra Brizzolina" e relative opere di connessione alla RTN, localizzato nel Comune di Matera in provincia di Matera.

Il progetto proposto prevede l'installazione di 7 nuovi generatori eolici ciascuno di potenza nominale fino a 6.6 MW, in linea con i più elevati standard tecnici presenti sul mercato.

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:

1. rotore tripala a passo variabile, di diametro massimo pari a 170 m, posto sopravvento alla torre di sostegno, costituito da 3 pale generalmente in resina epossidica rinforzata con fibra di vetro e da mozzo rigido in acciaio;
2. 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 e le apparecchiature idrauliche ed elettriche di comando e controllo;
3. torre di sostegno tubolare troncoconica in acciaio, avente altezza fino all'asse del rotore pari a massimi 115 m;
4. altezza complessiva massima fuori terra dell'aerogeneratore pari a 200.00 m;
5. diametro alla base del sostegno tubolare: 4.70 m;
6. area spazzata massima: 22.698 m².

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 200 m, quindi, si tratterà di macchine di grande taglia.

I principali componenti dell'impianto risultano essere, quindi:

7. i generatori eolici;
8. le linee elettriche MT (a 30 kV) in cavo interrato, che collegano gli aerogeneratori tra loro in opportuni circuiti elettrici e con la Sottostazione Elettrica (SSE);
9. lo stallo produttore MT/AT nella Sottostazione Elettrica (SSE) per l'innalzamento della tensione da 30 kV a 220 kV costituito da tutte le apparecchiature necessarie alla realizzazione della connessione elettrica dell'impianto alla Rete Nazionale;

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 30 kV. L'energia sarà quindi immessa in una rete in cavo interrato a 30 kV per il trasporto alla Sottostazione Elettrica, dove subirà un ulteriore innalzamento di tensione (30/220 kV) prima dell'immissione nella rete di trasmissione nazionale alta tensione.

Il progetto è in linea con gli obiettivi nazionali ed europei per la riduzione delle emissioni di CO₂, 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,

A.15 - Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici

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:

10. potenza nominale massima aerogeneratore: 6.6 MW
11. diametro massimo rotore: 170 m
12. altezza complessiva massima al tip (punta) 200 m

In particolare, i modelli commerciali che attualmente soddisfano questi requisiti tecnico-dimensionali sono: SG 170 HH 115 m, 6.6 MW o altro modello simile.

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	<i>max 170 m</i>
Velocità massima di rotazione	<i>≈10 rpm</i>
Area spazzata	<i>22698 m²</i>
Direzione di rotazione	<i>In senso orario (vista di fronte)</i>
Orientamento	<i>Controvento</i>
Tilt	<i>6°</i>
Numero delle pale	<i>3</i>

2.3 Pale

Tabella 2

Pale	
Descrizione tipo	Gusci a profilo alare vincolati contenenti longheroni incorporati

Lunghezza della pala	circa 85 m
Materiale	Resina epossidica rinforzata con fibre di vetro e di carbonio
Connessione delle pale	Inserti in acciaio
Profili	Profilo ad alta portanza
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	fusione
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.

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 10

Torre	
Tipo	Tubolare cilindrico/conico

Altezza mozzo	Max 115 m
Materiale	Acciaio

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 11

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.

13. 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.
14. Il sistema di raffreddamento a liquido primario, che serve per il raffreddamento del moltiplicatore e del sistema idraulico, attivato da una singola pompa elettrica;
15. Il sistema di raffreddamento a liquido secondario, che serve i sistemi del generatore e del convertitore, azionato da una singola pompa elettrica;
16. Il raffreddamento ad aria del trasformatore costituito da un ventilatore elettrico;
17. 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 12:Caratteristiche del generatore

Generatore	
Tipo	Asincrono trifase
Potenza nominale	Fino a 6350 kW
Frequenza (range) [f _N]	0 - 138 Hz
Tensione Statore [U _{Ns}]	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 13

Convertitore	
Tensione nominale della rete	3 x 690 V

3.3 Cavo AT turbina

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

3.4 Quadro AT

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

Tabella 14

Cavi di media tensione	
Cavo isolato composito ad alta tensione	Etilpropilene (EP) migliorato, basato su materiali EPR o alto grado di etilpropilene in gomma HEPR
Sezione del conduttore	3 x 70/70 mm ²
Massimo voltaggio	42 kV per tensioni nominale 22.1 - 36 kV

Tabella 15

Tipo di isolamento	Isolato a gas SF6
Frequenza Nominale	50Hz
Tensione Nominale	30 kV
Tensione massima di isolamento	36 kV
Corrente	25 kA

3.5 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 16

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)

3.6 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 17

Sensori di Vento	
Principio	Risonanza acustica

3.7 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:

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

3.8 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 18

Interruttore	Interruttore 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 19

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:

25. Recettori dei fulmini;
26. Sistema di conduzione verso il basso;
27. Protezione contro la sovratensione e la sovracorrente;
28. Schermatura contro i campi elettrici e elettromagnetici;
29. Sistema di messa a terra.

Tabella 20

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/ μ s]	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 PARLIAMENT 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, piattaforme 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 fornito 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 CO₂, 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:

30. Antigelo per prevenire il sistema di raffreddamento dal gelo.
31. Olio per la lubrificazione del cambio.
32. Olio idraulico per il sistema di beccheggio delle pale e l'operatività del freno.
33. 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 21

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 22

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

A.15 - Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici

Sicurezza relativa ai Sistemi di Controllo	IEC 13849 - 1
Sicurezza relativa alle Attrezzature Elettriche	IEC 6024 - 1

8 Colori

8.1 Colore navicella

Tabella 23

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

8.2 Colore della torre

Tabella 24

Colore per la sezione della torre		
	Esterno	Interno
Colore Standard	RAL 7035 (grigio chiaro) o bianco RAL 9018	RAL 9001 (bianco crema)

8.3 Colore delle pale

Tabella 25

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 26

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

Il calcolo e il progetto sono realizzati partendo da alcune assunzioni di base.

Assunzioni per il terreno:

34. Angolo di attrito minimo di 26.0° . Densità minima di 19.75 KN/m^3 .
35. Coesione minima = 0 kPa ;
36. Presenza di una falda alla profondità minima di circa 11 m ;
37. Rigidezza rotazionale minima: 30 GNM/barra eguale a un modulo dinamico di elasticità di 8000 KN/ m^2 ($\nu = 0.35$) per la sabbia, o di 4000 KN/ m^2 ($\nu = 0.340$) per l'argilla.
38. Massima compressione plastica: 303 KN/ m^2 , costante sull'area di sostituzione, con un PSF di 1.35 sul vento, 0.9 sul peso della torre e del rinterro, 1.0 sul peso della fondazione.
39. Massima compressione elastica del terreno di 250 KN/ m^2 con PSF uguale a 1.0 per tutti i carichi.
40. Specifiche:
41. 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 con l'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-.

42. Classe di resistenza: C35/45 per il plinto; C45/55 per il piedistallo; C25/30 per i pali
43. Classe di esposizione: xC4 / xD1/ xS1 / xF3 / xA2.
44. Taglia massima della ghiaia: 32 mm .
45. Densità del calcestruzzo minima richiesta per la stabilità: 2221 kg/m^3 .

46. Rivestimento: $C_{nom} = 65\pm 10$ contro forma o livello di pulizia, e $C_{nom} = 100\pm 10$ contro terra.

47. 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 F_{yk} minimo = 500 N/mm².

Malta.

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.

48. Densità di riempimento di 16.2 KN/m³.

49. Il peso del riempimento è incluso nella stabilità e non deve essere rimosso.

50. 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

L'impianto eolico in progetto, denominato "Serra Brizzolina", è localizzato nel territorio comunale di Matera. Il parco in oggetto sarà costituito da 7 aerogeneratori di potenza unitaria pari a massimi 6.6 MW. In particolare, il comune di Matera sarà anche interessato dalla realizzazione di una nuova cabina di raccolta AT in adiacenza ad una futura Stazione Elettrica (SE) di smistamento della RTN a 220 kV.

In relazione all'ubicazione degli aerogeneratori e del punto di connessione il vettoriamento dell'energia elettrica prodotta dai singoli aerogeneratori alla RTN sarà assicurato da:

- a) la rete di cavidotti in media tensione;
- b) la sottostazione di trasformazione AT/MT;

11.2 Descrizione impianto eolico

L'impianto eolico in oggetto è un impianto di produzione da fonte rinnovabile di tipo eolico, costituito da 7 aerogeneratori. Il modello di aerogeneratore attualmente previsto dalla proposta progettuale in esame, presenta le seguenti caratteristiche dimensionali:

51. potenza nominale massima aerogeneratore: 6.6 MW
52. diametro rotore: max 170 m
53. altezza complessiva massima al tip (punta): 200 m

In particolare, i modelli commerciali che attualmente soddisfano questi requisiti tecnico-dimensionali sono: SG 170 HH 115 m 6.6 MW o altro modello simile.

Le caratteristiche dell'impianto sono riportate nella tabella seguente:

Tabella 27

Generatore		Asincrono trifase
	Potenza nominale	max. 6350 kW
	Tensione nominale statore	
	Frequenza	50 Hz
	Numero di poli	36
	Potenza nominale	max.7000 kVA
	Tensione nominale primario	
	Tensione nominale secondario	
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 115 m
----------	---------	-----------

11.3 Criteri progettuali

L'energia elettrica prodotta dai singoli aerogeneratori è convogliata alla sottostazione di trasformazione attraverso una rete di cavidotti costituita da 4 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 (T03-T04-Cabina di raccolta)
- Sottocampo 2: 6.6 x 3 = 19.8 MW (T07-T06-T05-Cabina di raccolta)
- Sottocampo 3: 6.6 x 1 = 6.6 MW (T01-Cabina di raccolta)
- Sottocampo 4: 6.6 x 1 = 6.6 MW (T02-Cabina di raccolta)

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 in uno scavo di lunghezza pari a circa 11600 m.

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

54. 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;
55. evitare per quanto possibile di interessare case sparse ed isolate, rispettando le distanze prescritte dalla normativa vigente;
56. minimizzare le interferenze con zone di pregio naturalistico, paesaggistico e archeologico;
57. transitare su aree di minor pregio interessando aree prevalentemente agricole e sfruttando la viabilità esistente.

I cavidotti MT 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:

58. 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:

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

in cui P è la potenza che transita nel tronco di linea, V_n è la tensione di parco pari a 30 kV, cosφ è il fattore di potenza assunto pari a 0.95, in cui k_H dipende dalla profondità di posa; k_{pt} dipende dalla resistività termica del terreno; k_T dipende dalla temperatura del terreno; k_D dipende dalla temperatura del terreno, I_{nc} è la corrente nominale del cavo,

59. 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%):

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

60. 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 ($\cos\phi$) pari a 0.95.

11.4 Caratteristiche dei cavidotti

La rete a 30 kV, di lunghezza totale pari a circa 11,6 km, sarà realizzata per mezzo di cavi del tipo ARE4H5EE – 20,8/36 kV o equivalenti con conduttore in alluminio. Il calcolo delle perdite di tensione nei cavi elettrici è riportato nella tabella seguente.

Tabella 28: Perdite di tensione nei cavi circuito 1

CIRCUITO			ESTERNO									
			T03	T04'	T04	T04-T07	T07-T06	T06-T05	T05-T01	T01 - Cabina di raccolta		
			ALLUMINIO ARE4H5EE 20,8/36k									
TIPO CAVO												
Tensione trasporto	Vn	KV	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
	Cosfi		0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
	Sinfi	si	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Potenza nominale	Pn	MW	6,60	6,60	13,20	13,20	13,20	13,20	13,20	13,20	13,20	13,20
Corrente di impiego	I _b	A	109,12	109,12	218,24	218,24	218,24	218,24	218,24	218,24	218,24	218,24
sezione cavo	S	mm ²	185	185	185	185	185	185	185	185	185	185
Lunghezza linea	L	m	913	293	293	4.257	990	528	3.011	546		546
Resistenza della linea	R _L	Ω / km	0,164	0,164	0,164	0,164	0,164	0,164	0,164	0,164	0,164	0,164
Reattanza della linea	X _L	Ω / km	0,122	0,122	0,122	0,122	0,122	0,122	0,122	0,122	0,122	0,122
Caduta di tensione	ΔV	V	32,6	10,5	20,3	295,3	68,7	36,6	214,8	39,0		39,0
	ΔV	%	0,09%	0,12%	0,18%	1,00%	1,19%	1,29%	1,89%	1,99%		1,99%
PORTATA			VERIFICATO	VERIFICATO								

Tabella 29: Calcolo portata nei cavi circuito 1

Circuito	Potenza	Tensione	cosfi	CAVO													Portata cavo		
				Corrente di utilizzo	Sezione cavo	Materiale cavo	Materiale isolamento	Portata nominale	Temp. terreno	terne		Profondità di posa	Resistività termica	fattori di correzione					
				I_b	S			I_0	T	numero	distanza	m	K	K1	K2	K3		K4	I_z
	P	Vn		A	mm ²			A	°C	nr	m	m	K*m/W	ktt	kd	kp	kr	A	
T03	6,8	36	0,97	112,43	185	ALLUMINIO	EPR	320	25	1	0,25	1,2	1,5	0,94	1,00	0,95	1	286	VERIFICATO
T04'	6,8	36	0,97	112,43	185	ALLUMINIO	EPR	320	25	2	0,25	1,2	1,5	0,94	0,92	0,95	1	263	VERIFICATO
T04	13,6	36	0,97	224,86	185	ALLUMINIO	EPR	320	25	1	0,25	1,2	1,5	0,94	1,00	0,95	1	286	VERIFICATO
T04-T07	13,6	36	0,97	224,86	185	ALLUMINIO	EPR	320	25	1	0,25	1,2	1,5	0,94	1,00	0,95	1	286	VERIFICATO
T07-T06	13,6	36	0,97	224,86	185	ALLUMINIO	EPR	320	25	2	0,25	1,2	1,5	0,94	0,92	0,95	1	263	VERIFICATO
T06-T05	13,6	36	0,97	224,86	185	ALLUMINIO	EPR	320	25	2	0,25	1,0	1,5	0,94	0,92	0,97	1	268	VERIFICATO
T05-T01	13,6	36	0,97	224,86	185	ALLUMINIO	EPR	320	25	2	0,25	1,2	1,5	0,94	0,92	0,95	1	263	VERIFICATO
T01 - Cabina di raccolta	13,6	36	0,97	224,86	185	ALLUMINIO	EPR	320	25	3	0,25	1,2	1,5	0,94	0,84	0,95	1	240	VERIFICATO

Tabella 30: Perdite di tensione nei cavi circuito 2

CIRCUITO	ESTERNO							
	T07	T07-T06	T06-T05	T05'	T05	T05-T01	T01 -Cabina di raccolta	
	ALLUMINIO ARE4H5EE 20,8/36k							
Tensione trasporto	Vn	KV	36	36	36	36	36	36
	Cosfi		0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
	Sinfi	si	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Potenza nominale	Pn	MW	6,60	6,60	13,20	13,20	19,80	19,80
Corrente di impiego	I_b	A	109,12	109,12	218,24	218,24	327,36	327,36
sezione cavo	S	mm ²	185	185	185	185	185	185
Lunghezza linea	L	m	343	990	528	215	215	3.011
Resistenza della linea	R_L	Ω / km	0,164	0,164	0,164	0,164	0,164	0,164
Reattanza della linea	X_L	Ω / km	0,122	0,122	0,122	0,122	0,122	0,122
Caduta di tensione	ΔV	V	12,2	35,3	36,6	14,9	22,4	313,2
	ΔV	%	0,03%	0,13%	0,23%	0,28%	0,34%	1,21%
PORTATA			VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO	VERIFICATO

Tabella 31: Calcolo portata nei cavi circuito 2

Circuito	Potenza	Tensione	cosfi	CAVO													Portata cavo		
				Corrente di utilizzo	Sezione cavo	Materiale cavo	Materiale isolamento	Portata nominale	Temp. terreno	terne		Profondità di posa	Resistività termica	fattori di correzione					
										numero	distanza			K1	K2	K3		K4	
	P	Vn		I_b	S			I_0	T	nr	m	m	K^*m/W	kt	kd	kp	kr	I_z	
	MW	KV		A	mm ²			A	°C									A	
T07	6,8	36	0,97	112,43	185	ALLUMINIO	EPR	320	25	1	0,25	1,2	1,5	0,94	1,00	0,95	1	286	VERIFICATO
T07-T06	6,8	36	0,97	112,43	185	ALLUMINIO	EPR	320	25	2	0,25	1,2	1,5	0,94	0,92	0,95	1	263	VERIFICATO
T06-T05	13,6	36	0,97	224,86	185	ALLUMINIO	EPR	320	25	1	0,25	1,2	1,5	0,94	1,00	0,95	1	286	VERIFICATO
T05'	13,6	36	0,97	224,86	185	ALLUMINIO	EPR	320	25	1	0,25	1,2	1,5	0,94	1,00	0,95	1	286	VERIFICATO
T05	13,6	36	0,97	224,86	185	ALLUMINIO	EPR	320	25	2	0,25	1,2	1,5	0,94	0,92	0,95	1	263	VERIFICATO
T05-T01	13,6	36	0,97	224,86	185	ALLUMINIO	EPR	320	25	2	0,25	1,0	1,5	0,94	0,92	0,97	1	268	VERIFICATO
T01 -Cabina di raccolta	13,6	36	0,97	224,86	185	ALLUMINIO	EPR	320	25	2	0,25	1,2	1,5	0,94	0,92	0,95	1	263	VERIFICATO

Tabella 32: Perdite di tensione nei cavi circuito 3

CIRCUITO			ESTERNO	
			T01	T01 - Cabina di raccolta
			ALLUMINIO ARE4H5EE 20,8/36k	ALLUMINIO ARE4H5EE 20,8/36k
TIPO CAVO				
Tensione trasporto	Vn	KV	36	36
	Cosfi		0,97	0,97
	Sinfi	si	0,2	0,2
Potenza nominale	Pn	MW	6,60	6,60
Corrente di impiego	I_b	A	109,12	109,12
sezione cavo	S	mm ²	185	185
Lunghezza linea	L	m	330	546
Resistenza della linea	R_L	Ω / km	0,164	0,164
Reattanza della linea	X_L	Ω / km	0,122	0,122
Caduta di tensione	ΔV	V	11,8	19,5
	ΔV	%	0,03%	0,05%
PORTATA			VERIFICATO	VERIFICATO

Tabella 33: Calcolo portata nei cavi circuito 3

Circuito	Potenza	Tensione	cosφ	CAVO													Portata cavo	
				Corrente di utilizzo	Sezione cavo	Materiale cavo	Materiale isolamento	Portata nominale	Temp. terreno	terne		Profondità di posa	Resistività termica	fattori di correzione				
										numero	distanza			K1	K2	K3		K4
I_b	S			I_0	T	nr	m	m	K*m/W	ktt	kd	kp	kr	I_z				
	P	Vn		I_b	S			I_0	T	numero	distanza			K1	K2	K3	K4	I_z
	MW	KV		A	mm ²			A	°C	nr	m	m	K*m/W	ktt	kd	kp	kr	A
T01	4,2	36	0,97	69,44	185	ALLUMINIO	EPR	320	25	1	0,25	1,2	1,5	0,94	1,00	0,95	1	286
T01 - Cabina di raccolta	6,6	36	0,97	109,12	185	ALLUMINIO	EPR	320	25	3	0,25	1,2	1,5	0,94	0,84	0,95	1	240

VERIFICATO

VERIFICATO

Tabella 34: Perdite di tensione nei cavi circuito 4

A.15 - Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici

CIRCUITO			ESTERNO	
			T02 - Cabina di raccolta	
TIPO CAVO			ALLUMINIO ARE4H5EE 20,8/36k	
Tensione trasporto	Vn	KV	36	
	Cosfi		0,97	
	Sinfi	si	0,2	
Potenza nominale	Pn	MW	6,60	
Corrente di impiego	I _b	A	109,12	
sezione cavo	S	mm ²	185	
Lunghezza linea	L	m	158	
Resistenza della linea	R _L	Ω / km	0,164	
Reattanza della linea	X _L	Ω / km	0,122	
Caduta di tensione	ΔV	V	5,6	
	ΔV	%	0,02%	
PORTATA			VERIFICATO	

Tabella 35: Calcolo portata nei cavi circuito 4

Circuito	Potenza P	Tensione Vn	cosfi	Corrente di utilizzo I _b	Sezione cavo S	Materiale cavo	Materiale isolamento	Portata nominale I ₀	Temp. terreno T	CAVO		Profondità di posa m	Resistività termica K*m/W	fattori di correzione				Portata cavo I _c	
										terne				K1	K2	K3	K4		
										numero nr	distanza m								
T02 - Cabina di raccolta	4,2	36	0,97	69,44	185	ALLUMINIO	EPR	320	25	1	0,25	1,2	1,5	0,94	1,00	0,95	1	286	VERIFICATO

Le giunzioni elettriche saranno realizzate mediante utilizzo di connettori del tipo dritto a compressione adeguati alle caratteristiche e tipologie dei cavi sopra detti.

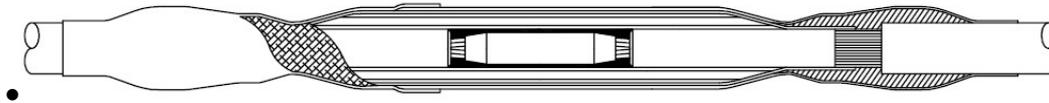


Figura 1: Giunzione di tipo dritto

L'isolamento è garantito mediante guaina termo-restringente. Il cavo a fibre ottiche per il monitoraggio e il telecontrollo delle turbine sarà di tipo mono modale e sarà alloggiato all'interno di un tubo corrugato in PVC posto nello stesso scavo del cavo di potenza.

Tabella 36: Caratteristiche del cavo a fibre ottiche

Numero delle fibre	12/24
Tipo di fibra	9/125/250
Diametro cavo	9 mm
Peso del cavo	75 kg/km circa
Massima trazione a lungo termine	3000 N
Massima trazione a breve termine	4000 N
Minimo raggio di curvatura in installazione	20 cm
Minimo raggio di curvatura in servizio	15 cm

Insieme al cavo di potenza e a fibre ottiche vi sarà anche un dispersore di terra a corda di 35 mm² che collegherà gli impianti di terra delle singole turbine allo scopo di abbassare le tensioni di passo e di contatto e di disperdere le correnti dovute alle fulminazioni.

11.5 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

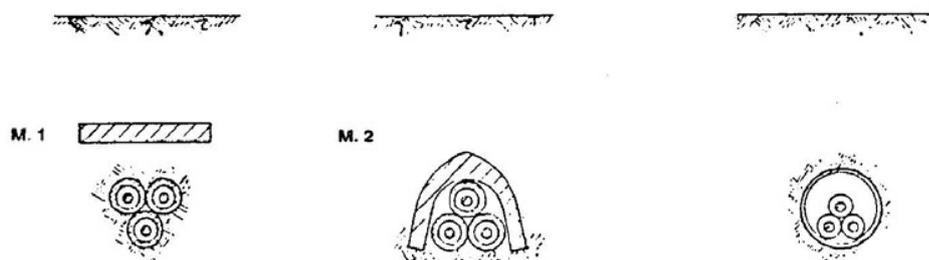


Figura 2: Modalità di posa

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, 50 cm nel caso di due terne, 100 cm nel caso di tre, di 4 terne e di cinque terne.

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

I cavi di potenza, a fibre ottiche saranno posati in uno strato di terreno di scavo di circa 15 cm e il dispersore di terra in uno strato di terreno composto da materiale sabbioso (pezzatura massima: 3 mm) di circa 10 cm. Dove non è presente il corrugato per i cavi saranno previsti dei tegoli o eventualmente, 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:

61. scavo a sezione obbligata della larghezza e della profondità precedentemente menzionate;
62. posa del cavo di potenza e del dispersore di terra;
63. rinterro parziale con strato di sabbia vagliata (eventuale);
64. posa del tubo contenente il cavo in fibre ottiche;
65. posa dei tegoli protettivi;
66. rinterro parziale con terreno di scavo;
67. posa nastro monitore;
68. rinterro complessivo con ripristino della superficie originale;
69. 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/mm² 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 tipo viario: in particolare sono da annoverare diverse strade comunali ed interpoderali;
- reticolo idrografico: le aste fluviali presenti nell'area d'intervento. In questo caso l'Ente è l'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Basilicata.
- Tubazioni

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 sempre mediante T.O.C. (cfr. planimetria interferenze).

Tali interferenze sono meglio rappresentate negli elaborati "Planimetria 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.