



REGIONE SICILIANA  
LIBERO CONSORZIO COMUNALE DI TRAPANI  
COMUNI DI CALATAFIMI SEGESTA E GIBELLINA

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO DI POTENZA PARI A  
 $P_n = 75,4 \text{ MW}$  ( $P_i = 72 \text{ MW}$ ), SU TERRENO SITO NEL COMUNE DI CALATAFIMI SEGESTA (TP)  
 IN CATASTO AI FG. 94 P.LLE 246, 247, 368, 248, 340, 411, AL FG. 99 P.LLE 93, 92, 3, AL FG. 107 P.LLE  
 7, 15, 16, 123, 209, 208, 54, 206, AL FG. 104 P.LLE 4, 49, 33, 156, 157, AL FG. 106 P.LLE 93, 86, 23, 94,  
 AL FG. 107 P.LLA 44, AL FG. 105 P.LLA 128, AL FG. 115 P.LLE 192, 136, 281, 66, 208, AL FG. 117 P.LLE  
 38, 28, E AL FG. 98 P.LLE 468, 463, 469, 470, 471 E ALTRE AFFERENTI ALLE OPERE DI RETE NEI  
 COMUNI DI CALATAFIMI SEGESTA E GIBELLINA (TP)

<p>Timbro e firma del progettista</p> <p><b>Capital Engineering snc</b> Ing. Vincenzo Massaro</p>  <p><b>Capital Engineering snc</b> Ing. Salvatore Li Vigni</p> 	<p>Timbri autorizzativi</p>
--	-----------------------------

## RELAZIONE DESCRITTIVA DEGLI ELEMENTI TECNICI E DISCIPLINARE PRESTAZIONALE

IDENTIFICAZIONE ELABORATO							
Livello prog.	ID Terna S.p.A.	Tipo Elabor.	N.ro Elabor.	Project ID	NOME FILE	DATA	SCALA
<b>PDef</b>	202100949	Relazione	09	CANICHIDDEUSI	CAN Rel.09 Rel. elem. tecn. Dft.00 del 22 12 2022.pdf	22.12.2022	-
REVISIONI							
VERSIONE	DATA	DESCRIZIONE			ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
Rev.00	22.12.2022	Prima emissione			GR	AM	VM

<p>IL PROPONENTE</p> <p style="text-align: center; font-size: 1.2em; font-weight: bold; color: green;">CANICHIDDEUSI WIND SRL</p> <p style="text-align: center; font-size: 0.8em;">Sede legale: Corso di Porta Vittoria, 9 - 20122 - Milano                  PEC: canichiddeusiwind@mailcertificata.net                  P.IVA 12673200965</p>	<p>PROGETTO DI</p> <div style="text-align: center;">  <p>Capital Engineering S.n.c.                      Sede legale: Via Trinacria, 52 - 90144 - Palermo                      e-mail: info@capitalengineering.it</p> </div> <p>SU INCARICO DI</p> <div style="text-align: center;">  <p>Coolbine S.r.L.                      Sede legale: Via Trinacria, 52 - 90144 - Palermo                      e-mail: progettazione@coolbine.it</p> </div>
--	--



## Sommario

1. Premessa.....	3
2. Descrizione generale.....	5
2.1 Componenti meccaniche.....	5
2.2 Rotore.....	5
2.3 Pale.....	5
2.4 Mozzo del rotore (Hub).....	6
2.5 Albero lento.....	6
2.6 Scatola del cuscinetto principale.....	6
2.7 Cuscinetto principale.....	7
2.8 Moltiplicatore di giri.....	7
2.9 Sistema di imbardata.....	7
2.10 Torre.....	8
2.11 Copertura navicella.....	8
3. Progetto elettrico.....	8
3.1 Generatore.....	8
3.2 Convertitore.....	9
3.3 Trasformatore MT.....	9
3.4 Cavo MT turbina.....	10
3.5 Quadro MT.....	10
3.6 Servizi ausiliari.....	11
3.7 MP (Multi Processor) Controller.....	11
3.8 Scada.....	11
4. Sicurezza.....	12
4.1 Accesso.....	12
4.2 Via di fuga.....	12
4.3 Aree e spazi di lavoro.....	12
4.4 Piattaforme e luoghi di lavoro.....	12
4.5 Parti mobili, protezioni e dispositivi di blocco.....	12
4.6 Luci.....	13

4.7 Arresto di emergenza.....	13
4.8 Disconnessione dell'energia.....	13
4.9 Protezione dal fuoco.....	13
4.10 Manuali e avvertenze.....	13
5 Ambiente.....	13
5.1 Prodotti chimici.....	13
6 Approvazioni e codici di progettazione.....	13
6.1 Approvazioni tipo.....	13
6.2 Approvazioni dei Codici - Progettazione strutturale.....	14
7 Colori.....	14
7.1 Colore navicella.....	14
7.2 Colore torre.....	14
7.3 Colore pale.....	15
8 Condizioni di funzionamento e linee guida delle prestazioni.....	15
8.1 Condizioni del sito e clima.....	15
9 Fondazioni delle turbine.....	15
9.1 Plinto di fondazione.....	16
10 Cavidotti interni.....	16
10.1 Introduzione.....	16
10.2 Criteri progettuali.....	17
10.3 Caratteristiche dei cavidotti.....	18
10.4 Modalità di posa dei cavidotti.....	18
10.5 Interferenze.....	21

## 1. Premessa

Il progetto in esame prevede l'installazione di 13 aerogeneratori di cui 12 di potenza unitaria pari a 6 MW e 1 di potenza unitaria pari a 3,4 MW per una potenza complessiva di 75,4 MW.

Aerogeneratore	CAN_0 1	CAN_02	CAN_03	CAN_04	CAN_05	CAN_06	CAN_0 7
Modello (presunto)	Vestas V162	Vestas V162	Vestas V162	Vestas V162	Vestas V162	Vestas V162	Vestas V162
Potenza	6,0 MW	6,0 MW	6,0 MW	6,0 MW	6,0 MW	6,0 MW	6,0 MW
N° Pale	3	3	3	3	3	3	3
Tipologia Torre	Troncoconica	Troncoconica	Troncoconica	Troncoconica	Troncoconica	Troncoconica	Troncoconica
Diametro Rotore	162 m	162 m	162 m	162 m	162 m	162 m	162 m
Altezza Mozzo	125 m	125 m	166 m	119 m	166 m	125 m	119 m
Altezza al top	206 m	206 m	247 m	200 m	247 m	206 m	200 m
Velocità Cut-in	3 m/s	3 m/s	3 m/s	3 m/s	3 m/s	3 m/s	3 m/s
Velocità Cut-out	25 m/s	25 m/s	25 m/s	25 m/s	25 m/s	25 m/s	25 m/s

Aerogeneratore	CAN_08	CAN_09	CAN 10	CAN 11	CAN 12	CAN 13
Modello (presunto)	Vestas V162	Vestas V162	Vestas V126	Vestas V162	Vestas V162	Vestas V162
Potenza Nominale	6,0 MW	6,0 MW	3,4 MW	6,0 MW	6,0 MW	6,0 MW
N° Pale	3	3	3	3	3	3
Tipologia Torre	Troncoconica	Troncoconica	Troncoconica	Troncoconica	Troncoconica	Troncoconica
Diametro Rotore	162 m	162 m	126 m	162 m	162 m	162 m
Altezza Mozzo	166 m	119 m	87 m	119 m	119 m	119 m
Altezza al top	247 m	200 m	150 m	200 m	200 m	200 m
Velocità Cut-in	3 m/s	3 m/s	3 m/s	3 m/s	3 m/s	3 m/s
Velocità Cut-out	25 m/s	25 m/s	25 m/s	25 m/s	25 m/s	25 m/s

**Tab.1 - Caratteristiche Geometriche e Funzionali Aerogeneratore di Progetto**

I principali componenti dell'impianto risultano essere:

- i generatori eolici;
- le linee elettriche MT (a 30 kV) in cavo interrato, di collegamento tra gli aerogeneratori e tra questi e la nuova cabina di trasformazione utente 30 kV/36 kV;
- impianto di utenza a cura del proponente costituito da:
  - 1) nuova cabina di trasformazione utente 30 kV/36 kV, da realizzare nel comune di Calatafimi Segesta;
  - 2) cavidotto interrato a 36 kV di collegamento tra la nuova cabina di trasformazione utente 30 kV/36 kV e la sezione a 36 kV della SE RTN;
- impianto di rete (a cura di Terna S.p.A.) come da soluzione tecnica proposta dal Gestore di Rete adeguata al nuovo standard di connessione alla RTN a 36 kV e accettata formalmente dalla società proponente Canichiddeusi Wind S.r.L. in data 30/06/2022 (si vedano gli elaborati di progetto “Rel.01 Relazione Generale” e Rel.10 Preventivo di connessione e accettazione soluzione tecnica di allaccio”).

Ogni aerogeneratore da 6 MW produrrà energia elettrica rinnovabile alla tensione di 720 V. All'interno di ciascuna torre è installato un trasformatore 0.72/30 kV che provvede all'innalzamento della tensione a 30 kV. L'aerogeneratore da 3,4 MW produrrà energia elettrica rinnovabile alla tensione di 650 V. All'interno di ciascuna torre è installato un trasformatore 0.65/30 kV che provvede all'innalzamento della tensione a 30 kV. L'energia prodotta dagli aerogeneratori sarà quindi convogliata alla nuova cabina di trasformazione utente, dove avverrà la trasformazione 30 kV/ 36 kV. Da qui, verrà dunque immessa in una rete tramite cavo interrato a 36 kV che verrà collegato ad uno stallo posto all'interno della nuova Stazione Elettrica 220 kV (si vedano gli elaborati di progetto “Rel.01 Relazione Generale” e “Rel.10 Preventivo di connessione e accettazione soluzione tecnica di allaccio”).

Nel suo complesso, l'opera in oggetto si inserisce nel contesto nazionale ed internazionale come uno dei mezzi per contribuire a ridurre le emissioni atmosferiche nocive come previsto dal Protocollo di Kyoto del 1997 che anche l'Italia, come tutti i paesi della Comunità Europea, ha ratificato.

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 precisa, sulla base delle specifiche tecniche, tutti i contenuti prestazionali tecnici degli elementi 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 caratteristiche dimensionali riportate in Tabella 1.

La turbina utilizza un sistema di potenza basato su di un generatore asincrono 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 l'opportuno angolo di inclinazione delle pale.

### 2.1 Componenti meccaniche

Il modello di aerogeneratore è equipaggiato con un rotore tripala di diametro indicato in Tabella 1. La potenza prodotta dall'aerogeneratore è controllata da un sistema di controllo e regolazione della forza e del passo. Basandosi sulle prevalenti condizioni del vento, le pale sono continuamente posizionate per ottimizzare l'angolo di inclinazione.

### 2.2 Rotore

Il rotore è di tipo tripala. La potenza prodotta è controllata dalla del passo e dalla richiesta di coppia. La velocità di rotazione è variabile ed è progettata per massimizzare la potenza in uscita mantenendo stabile il livello di rumore e i carichi.

Rotore	
Tipo	Tripala, asse orizzontale
Posizione	Controvento
Diametro	max 162 m
Area spazzata	20.698 mq
Regolazione della potenza	Regolazione del passo e della forza a velocità variabile
Tilt	6°

### 2.3 Pale

Pale
------

Descrizione tipo	Autoportante - Gusci aerodinamici a profilo alare
Lunghezza della pala	Max circa 81 m
Materiale	Resina epossidica rinforzata con fibre di vetro e di carbonio
Profili	Profilo ad alta portanza
Lubrificazione	Grasso, lubrificazione manuale

#### 2.4 Mozzo del rotore (Hub)

Il mozzo del rotore è montato sull'albero lento della trasmissione attraverso una flangia di connessione. È sufficientemente grande da fornire spazio ai tecnici per la manutenzione della base delle pale e dei cuscinetti del sistema di pitch control. Il mozzo supporta le tre pale e trasferisce le forze di reazione al cuscinetto principale e la torsione al moltiplicatore di giri.

<b>Mozzo del rotore (Hub)</b>	
Tipo	Guscio in ghisa nodulare
Materiale	Ghisa
Altezza	Max 166 metri

#### 2.5 Albero lento

L'albero lento calettato al rotore trasferisce la coppia del rotore al moltiplicatore di giri e il momento al telaio attraverso il cuscinetto principale.

<b>Albero lento</b>	
Descrizione tipo	Tubo cavo in ghisa nodulare
Materiale	Ghisa

#### 2.6 Scatola del cuscinetto principale

<b>Scatola del cuscinetto principale</b>	
Materiale	Ghisa



## 2.7 Cuscinetto principale

I due cuscinetti principali sono del tipo a rulli conici e supportano l'albero lento della turbina.

Cuscinetto principale	
Tipo	Doppia fila di cuscinetti a rullo conici
Lubrificazione	Lubrificazione con grasso.

## 2.8 Moltiplicatore di giri

Il moltiplicatore di giri converte la rotazione a bassa velocità del rotore a quella veloce del generatore. Il moltiplicatore di giri è un differenziale ad alta velocità a tre stadi dove i primi due sono di tipo epicicloidale e il terzo è di tipo parallelo.

Moltiplicatore	
Tipo	Differenziale ad alta velocità, due stadi epicicloidali + uno parallelo
Posizione	A sbalzo
Fissaggio	Tramite giunto flangiato e imbullonato

## 2.9 Sistema di imbardata

È costituito da un telaio in ghisa che collega la trasmissione alla torre. È dotato di un cuscinetto di imbardata del tipo anello dentato esternamente per attrito. Il sistema di imbardata è azionato da una serie di motoriduttori epicicloidali elettrici.

Sistema di imbardata	
Tipo	Sistema a cuscinetto dentato esternamente
Materiale	Anello di oscillazione forgiato a caldo. Telaio in ghisa

## 2.10 Torre

La torre è composta da segmenti tubolari di tipo conico in acciaio. La torre consente la salita dall'interno, consentendo l'accesso diretto al sistema di imbardata e alla navicella. È dotata di pedane e illuminazione elettrica interna.

<b>Torre</b>	
Tipo	Acciaio Tubolare /Ibrido
Altezza mozzo	Da 87 m a 166 m
Materiale	Acciaio
Protezione dalla corrosione	Verniciatura

## 2.11 Copertura navicella

La copertura della navicella è del tipo totalmente chiuso. Lo schermo meteorologico e l'alloggiamento della navicella sono realizzati in fibra di vetro rinforzata con pannelli laminati.

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 alla navicella stessa.

<b>Copertura navicella</b>	
Tipo	Totalmente chiuso
Copertura della navicella	Fibra di vetro rinforzata con pannelli laminati

## 3. Progetto elettrico

### 3.1 Generatore

Il generatore è del tipo sincrono a tre fasi con rotore a magneti permanenti connesso in rete attraverso un convertitore. La cassa del generatore è costituita da un cilindro con canali. Tali canali permettono di far circolare il liquido di raffreddamento attorno al corpo dello statore.

<b>Generatore</b>	
Tipo	Asincrono DIFG
Potenza nominale	Fino a 6000 kW e 3465 kW

Frequenza (range) [fn]	50 Hz
Tensione Statore [Uns]	720 V (alla velocità nominale)
N° poli	36
Tipo dell'avvolgimento	Impregnante pressurizzato sotto vuoto
Velocità nominale	1120 rpm-6p (50 Hz)
Sensori di temperatura, avvolgimenti	3 sensori PT100 posizionati nei punti caldi
Sensori di temperatura, cuscinetti	6 sensori PT100
Classe di isolamento	H
Raffreddamento	Ad aria

### 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 messa in rete. Il convertitore è del tipo a modulazione di impulsi ed è collegato direttamente al rotore. Il convertitore consiste in quattro unità convertitrici che lavorano in parallelo "back to back" con due VSC aventi in comune il DC-link. Il convertitore permette la conversione della corrente alternata e quindi il funzionamento del generatore a tensione e velocità variabile fornendo potenza a tensione e frequenza costanti al trasformatore MT/BT lato rete. Il convertitore è posizionato nella navicella ed ha tensione lato rete di 690V.

Convertitore	
Tipo	PWM – Pulse With Modulation
Funzionamento	4Q B2B con carico parziale
Tensione nominale della rete	3 x 720 V
Frequenza di commutazione	2,5 kHz
Raffreddamento	Misto Aria-Liquido

### 3.3 Trasformatore MT

Il trasformatore elevatore è posizionato in una stanza chiusa nella parte inferiore della navicella.

Trasformatore MT/BT	
Tipo	Ad olio
Potenza Apparente [Sn]	4000kVA e 7111kVA

Tensione primaria [Un]	30 kV
Tensione secondaria [Uns]	690 V
Frequenza	50 Hz
Gruppo	Dyn11 o Dyn1
Perdite a vuoto (nel ferro)	4,77 kW
Perdite a carico (nel rame)	84,24 kW
Corrente di cortocircuito	7,11 kA + armoniche a tensione nominale (+-10%)
Tipo raffreddamento	KFWF
Liquido refrigerante	Classe liquido K
Sensori temperatura olio	Sensore PT100
Sensore livello lio	Input digitale
Relè di sovrappressione	Input digitale

### 3.4 Cavo MT turbina

Il cavo di media tensione scende dal trasformatore nella navicella attraverso la torre fino al quadro collocato al fondo della stessa.

Cavi di media tensione	
Cavo isolato composto 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 <sup>2</sup>
Tensione massima	42 kV per tensioni nominale 22.1 -36 kV

### 3.5 Quadro MT

Il quadro di media tensione per la connessione alla rete interna MT è collocato alla base della torre. è posto all'interno di un involucro metallico, isolato dai gas e conforme alle disposizioni della norma IEC 62271-200.

Quadro MT	
Tipo di isolamento	Isolato a Gas SF6
Frequenza nominale	50Hz
Tensione nominale	20-45 kV

Tensione massima di isolamento	20-45 kV
Corrente nominale	630 A
Corrente di cortocircuito	20 kA per 1 s
Corrente di picco di tenuta	50 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.

Servizi Ausiliari – Prese di correte	
Monofase (Navicella e piattaforme della torre)	230V(16A)/110V(16A) 2x55V(16A)
Trifase (Navicella e base della torre)	400 V (16 A)

### 3.7 MP (Multi Processor) Controller

La turbina è controllata e monitorata da un sistema di controllo di tipo industriale basato su microprocessore. È completo di quadri e dispositivi di protezione, è autodiagnostico. Il controllore del singolo aerogeneratore monitora e controlla i componenti di ogni turbina. Il controllore (tipo SICS) può far funzionare l'aerogeneratore indipendentemente dal sistema SCADA e il funzionamento dell'aerogeneratore può avvenire in autonomia in caso di errori, ad es. di danni ai cavi di comunicazione. Il SICS archivia e registra i dati dell'aerogeneratore, nei casi in cui il sistema di comunicazione è interrotto i dati vengono mantenuti e successivamente trasmessi al server SCADA quando possibile.

### 3.8 Scada

Il sistema Scada è un sistema di supervisione, acquisizione dati, controllo e reporting delle prestazioni del parco eolico.

Il sistema SCADA presenta le seguenti caratteristiche principali:

- Supervisione e controllo online accessibile tramite canale sicuro via Internet;
- Acquisizione e memorizzazione dei dati in un database;
- Archiviazione locale dei dati presso le turbine eoliche;
- Accesso al sistema da remoto tramite un browser Web standard, nessuna necessita di client dedicato o licenza speciale;
- Interfaccia alle funzioni di controllo dell'impianto di alimentazione per il controllo potenziato del parco eolico e per il controllo remoto.
- Supporto integrato per il controllo ambientale come il rumore, ombre, sfarfallio etc;

- Sistema basato su Ethernet con interfacce compatibili sicure per accesso ai dati online.

#### **4. 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.

##### **4.1 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. L'accesso non autorizzato ai quadri e ai pannelli elettrici nella turbina è proibito in accordo con la IEC 60204-1 2006.

##### **4.2 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.

##### **4.3 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.

##### **4.4 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 di 9 metri lungo la scala della torre. Supporti di appoggio sono localizzati nella turbina per gli scopi di servizio e manutenzione.

##### **4.5 Parti mobili, protezioni e dispositivi di blocco**

Tutte le parti mobili nella navicella sono schermate. La turbina è equipaggiata con una serratura per blocco del rotore. Il blocco dell'ondeggiamento dei cilindri può essere fatto con strumenti meccanici nel mozzo.

#### **4.6 Luci**

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

#### **4.7 Arresto di emergenza**

Sono presenti pulsanti per l'arresto d'emergenza posti all'interno della navicella, nel mozzo e alla base della torre.

#### **4.8 Disconnessione dell'energia**

La turbina è equipaggiata con interruttori tali da 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.

#### **4.9 Protezione dal fuoco**

Un estintore da 5-6 kg di CO<sub>2</sub>, un kit di primo intervento sono collocati nella navicella durante le operazioni di servizio e manutenzione.

#### **4.10 Manuali e avvertenze**

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

### **5 Ambiente**

#### **5.1 Prodotti chimici**

I prodotti chimici usati nella turbina sono valutati in accordo al Sistema A/S Ambientale vesta Wind, certificato ISO 14001:2004.1 seguenti prodotti chimici sono usati nella turbina:

- Antigelo per prevenire il sistema 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.

### **6 Approvazioni e codici di progettazione**

#### **6.1 Approvazioni tipo**

Il certificato di tipo della turbina risponde ai seguenti standard:

Certificazione	Wind Class
IEC61400-22	IECIIA
	IECIIIA
DIBt Anlage 2.7/10	DIBt II

## 6.2 Approvazioni dei Codici - Progettazione strutturale

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

Codici di Progettazione	
Navicella e mozzo	IEC 61400-IMI Edizione EN 50308
Torre	IEC 61400-IMI Edizione Euro Codice 3
Pale	DNV-OS-J102 IEC 1024-1 IEC 60721-2-4 IEC 61400 (Parte 1,12 e 23) IEC WT01IEC 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/RT61400-24:2002
Macchine elettriche Rotanti	IEC34
Sicurezza relativa ai Sistemi di controllo	IEC 13849-1
Sicurezza relativa alle Attrezzature Elettriche	IEC 6024-1

## 7 Colori

### 7.1 Colore navicella

Colore della navicella	
Colore standard	RAL 7035 (grigio chiaro) o RAL 9018 (bianco)
Lucido	< 30 / ISO 2813

### 7.2 Colore torre

Colore della torre



	Esterno	Interno
Colore standard	RAL 7035 (grigio chiaro) o RAL 9018 (bianco)	RAL 7035 (grigio chiaro) o RAL 9018 (bianco)
Lucido	< 30 / ISO 2813	////

### 7.3 Colore pale

Colore delle Pale	
Colore Standard	RAL 7035 (grigio chiaro) o RAL 9018 (bianco)
Lucido	< 30 / ISO 2813

I colori delle pale saranno eventualmente adeguati ai pareri resi dagli Enti Amministrativi in sede autorizzativa.

## 8 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.

### 8.1 Condizioni del sito e clima

Condizioni di funzionamento - Temperatura e vento.	
Intervallo della temperatura Ambiente (Standard)	- 20° a + 40°
Avvio	3m/s
Arresto	25m/s
Riavvio (10 minuti di media)	23m/s

NOTA: a temperature ambiente superiori + 40°C, l'aerogeneratore manterrà la produzione, ma l'energia massima d'uscita sarà ridotta in funzione della temperatura (massimo 1.0 MW@-45°C).

## 9 Fondazioni delle 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).

### 9.1 Plinto di fondazione

Negli elaborati grafici è rappresentato il tipologico della fondazione calcolata per la turbina Vestas V162 da 6 MW con mozzo a 142 metri di altezza.

Il calcolo e il progetto sono realizzati partendo da alcune assunzioni di base, che possono subire modifiche in fase di progettazione esecutiva. Assunzioni per il terreno:

- Angolo di attrito di  $21.0^\circ$ . Densità minima di  $19.6 \text{ KN/m}^3$ .
- Coesione =  $22 \text{ kPa}$ ;
- Assenza di acqua superficiale.
- Rigidezza rotazionale minima:  $30 \text{ GNM/barra}$  eguale a un modulo dinamico di elasticità di  $8000 \text{ KN/m}^2$  ( $\nu = 0.35$ ) per la sabbia, o di  $4000 \text{ KN/m}^2$  ( $\nu = 0.340$ ) per l'argilla.
- Massima compressione plastica:  $303 \text{ KN/m}^2$ , 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.
- Massima compressione elastica del terreno di  $250 \text{ KN/m}^2$  con PSF uguale a 1.0 per tutti i carichi.

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 Vestas come unità montata. 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 deve essere impiegata perché la gabbia non si sposti e che la flangia in basso sia a completo contatto con il calcestruzzo. Il peso della flangia è di  $10325 \text{ kg}$ .

## 10 Cavidotti interni

### 10.1 Introduzione

L'impianto eolico in oggetto si sviluppa in un'area ubicata a circa 8 km dal centro abitato di Canichiddeusi (TP).

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 interrati a  $30 \text{ kV}$ ;
- b) il cavidotto interrato a  $36 \text{ kV}$  di connessione alla SE RTN.

Scopo del presente documento è di definire le caratteristiche e descrivere i criteri di progettazione e dimensionamento della rete di cavidotti in media tensione per il vettoriamento dell'energia elettrica prodotta dai singoli aerogeneratori alla sottostazione di trasformazione.

## 10.2 Criteri progettuali

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 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:

- 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:

$$I_b = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V_n \cdot \cos \varphi_n} < k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot I_0$$

Dove:

- P è la potenza che transita nel tronco di linea;
  - $V_n$  è la tensione nominale pari a 30 kV;
  - $\cos \varphi_n$  è il fattore di potenza assunto pari a 0,97;
  - $k_1$  fattore di correzione della portata per temperature del terreno diverse da 20°C;
  - $k_2$  è il fattore di correzione della portata per più circuiti di cavi raggruppati a fascio o in piano;
  - $k_3$  è il fattore di correzione della portata per profondità di posa diverse da 1 m;
  - $k_4$  è il fattore di correzione della portata per terreni con resistività termica diversi da 1°C/Wm;
- 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%):

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

Dove:

- $I_{bi}$  è la corrente di impiego della tratta i-esima considerata;
  - $L_i$  è la lunghezza della tratta i-esima considerata;
  - $R_i$  è la resistenza della tratta i-esima considerata;
  - $X_i$  è la reattanza della tratta i-esima considerata;
- criterio delle perdite calcolate in funzione della distribuzione di Weibull calcolata in funzione delle misure anemometriche sul sito.

Il calcolo della corrente di impiego e delle cadute di tensione sono effettuati assumendo un fattore di potenza pari a 0,97 mentre le perdite sono calcolate con fattore di potenza pari a 1.

### 10.3 Caratteristiche dei cavidotti

I cavi della sezione a 30 kV saranno di tipo unipolare o tripolari in alluminio, del tipo ARE4H1RX-18/30 kV o equivalente con conduttore in alluminio.

I cavi della sezione a 36 kV saranno di tipo unipolare o tripolari in rame, del tipo RG7H1R 26/45 kV o equivalente con conduttori in rame

Vi saranno 17000 m di cavo avente sezione pari a 95mmq e 240 mmq per il collegamento interno degli aerogeneratori e circa 11500 metri di cavo a 36kV per la connessione dell'impianto alla SE RTN. Le giunzioni elettriche saranno realizzate mediante utilizzo di connettori del tipo dritto a compressione adeguati alle caratteristiche e tipologie dei cavi sopra detti.

Insieme ai cavi di potenza vi sarà anche il dispersore di terra con conduttori di terra a corda nuda in rame da 50/95 mmq 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.

### 10.4 Modalità di posa dei cavidotti

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 1,5 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 60-70 cm sia nel caso di una che di due terne di cavi, nel caso delle sezioni con 3 terne di cavi la larghezza di scavo sarà portata ad 80 cm per arrivare ad 85cm nel caso di 4 terne.

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

I cavi di potenza 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/mmq 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.

È vietato usare lo schermo dei cavi come conduttore di terra per altre parti di impianto. In corrispondenza dell'estremità di cavo connesso alla stazione di utenza, onde evitare il trasferimento di tensioni di contatto pericolose a causa di un guasto sull'alta tensione, la messa a terra dello schermo avverrà solo all'estremità connessa all'impianto d'utente.

Durante le operazioni di posa è indispensabile che il cavo non subisca deformazioni temporanee. Il rispetto dei limiti di piegatura e di tiro è garanzia di inalterabilità delle caratteristiche meccaniche della fibra durante le operazioni di posa. Se inavvertitamente il cavo subisce delle deformazioni o schiacciamenti visibili, la posa deve essere interrotta e dovrà essere effettuata una misurazione con OTDR per verificare eventuali rotture o attenuazioni eccessive provocate dallo stress meccanico.

La realizzazione delle giunzioni dovrà essere effettuata secondo le seguenti indicazioni:

- prima di tagliare i cavi controllare l'integrità della confezione e l'eventuale presenza di umidità;
- non interrompere mai il montaggio del giunto o del terminale;
- utilizzare esclusivamente materiali contenuti nella confezione.

A operazione conclusa devono essere applicate delle targhe identificatrici su ciascun giunto in modo da poter individuare l'esecutore, la data e le modalità d'esecuzione.

Su ciascun tronco, fra l'ultima turbina e cabina di trasformazione utente dovranno essere collocati dei giunti d'isolamento tra gli schermi dei due diversi impianti di terra (dispersore di terra della cabina di trasformazione utente e dispersore di terra dell'impianto eolico). Essi dovranno garantire la tenuta alla tensione che si può stabilire tra i due schermi dei cavi a 30 kV e a 36 kV.

Nell'esecuzione delle terminazioni all'interno dei quadri MT di aerogeneratori e cabina elettrica utente, si deve realizzare il collegamento di terra degli schermi dei cavi con trecce flessibili di rame stagnato, eventualmente prolungandole e dotandole di capocorda a compressione per l'ancoraggio alla presa di terra dello scomparto.

Lo schermo dovrà essere collegato a terra da entrambe le estremità. Ogni terminazione deve essere dotata di una targa di riconoscimento in PVC atta a identificare esecutore, data e modo d'esecuzione e indicazione della fase (R, S o T). La messa a terra dovrà essere eseguita da entrambe le parti del cavo.

Le terminazioni dei cavi in fibra ottica dovranno essere portate a termine nella seguente maniera:

- posa del cavo, da terra al relativo cassetto ottico, previa eliminazione della parte eccedente, con fissaggio del cavo o a parete o ad elementi verticali con apposite fascette, ogni 0.50 m circa;
- sbucciatura progressiva del cavo;
- fornitura ed applicazione, su ciascuna fibra ottica, di connettore;
- esecuzione della "lappatura" finale del terminale;
- fissaggio di ciascuna fibra ottica.

## 10.5 Interferenze

La risoluzione delle interferenze sarà effettuata in conformità alla norma CEI 11-17. Eventuali deroghe saranno possibili previo parere dell'ente gestore dell'opera interferente.

- a) Parallelismo e incroci tra cavi elettrici: i cavi aventi la stessa tensione possono essere posati alla stessa profondità, ad una distanza di circa 3 volte il loro diametro nel caso di posa diretta. I cavi a diversa tensione devono essere invece segregati (posti all'interno di condutture o canalette).
- b) Incroci tra cavi elettrici e cavi di telecomunicazione: negli incroci il cavo elettrico, di regola, deve essere situato inferiormente al cavo di telecomunicazione. La distanza fra i due cavi non deve essere inferiore a 0,30 m e inoltre il cavo posto superiormente deve essere protetto, per una lunghezza non inferiore a 1 m, mediante un dispositivo di protezione identico a quello previsto per i parallelismi. Tali dispositivi devono essere disposti simmetricamente rispetto all'altro cavo. Ove, per giustificate esigenze tecniche, non possa essere rispettato il distanziamento minimo di cui sopra, anche sul cavo sottostante deve essere applicata una protezione analoga a quella prescritta per il cavo situato superiormente. Non è necessario osservare le prescrizioni sopraindicate quando almeno uno dei due cavi è posto dentro appositi manufatti che proteggono il cavo stesso e ne rendono possibile la posa e la successiva manutenzione senza necessità di effettuare scavi.
- c) Parallelismo tra cavi elettrici e cavi di telecomunicazione: nei parallelismi con cavi di telecomunicazione i cavi elettrici devono, di regola, essere posati alla maggiore distanza possibile fra loro e, quando vengono posati lungo la stessa strada, si devono posare possibilmente ai lati opposti di questa. Ove, per giustificate esigenze tecniche, non sia possibile attuare quanto sopra è ammesso posare i cavi in vicinanza purché sia mantenuta tra due cavi una distanza minima, in proiezione sul piano orizzontale, non inferiore a 0.30 m. Qualora detta distanza non possa essere rispettata è necessario applicare sui cavi uno dei seguenti dispositivi di protezione:
  - cassetta metallica zincata a caldo;
  - tubazione in acciaio zincato a caldo;
  - tubazione in PVC o fibrocemento, rivestite esternamente con uno spessore di calcestruzzo non inferiore a 10 cm.

I predetti dispositivi possono essere omessi sul cavo posato alla maggiore profondità quando la differenza di quota tra i due cavi è uguale o superiore a 0,15 m.

Le prescrizioni di cui sopra non si applicano quando almeno uno dei due cavi è posato, per tutta la parte interessata in appositi manufatti (tubazioni, cunicoli, etc), che proteggono il cavo stesso e rendono possibile la posa e la successiva manutenzione senza la possibilità di effettuare scavi.

- d) Parallelismo ed incroci tra cavi elettrici e tubazioni o strutture metalliche interrato: la distanza in proiezione orizzontale tra cavi elettrici e tubazioni metalliche interrato parallelamente a esse non deve essere inferiore a 0.30 m. Si può, tuttavia, derogare alla prescrizione suddetta previo accordo tra gli esercenti quando:

- la differenza di quota fra le superfici esterne delle strutture interessate è superiore a 0.50 m;
- tale differenza è compresa tra 0.30 m e 0.50 m, ma si interpongono fra le due strutture elementi separatori non metallici nei tratti in cui la tubazione non è contenuta in un manufatto di protezione non metallico.

Non devono mai essere disposti nello stesso manufatto di protezione cavi di energia e tubi convoglianti fluidi infiammabili; per le tubazioni per altro tipo di posa è invece consentito, previo accordo tra gli Enti interessati, purché il cavo elettrico e la tubazione non siano posti a diretto contatto fra loro.

Le interferenze con eventuali gasdotti sono disciplinate dal D.M. 24/11/1984 e saranno risolte in accordo con l'ente proprietario. Nei casi di parallelismi, sopra e sottopasso i cavi dovranno essere posati all'interno di tubazioni e/o cunicoli.

La distanza misurata fra le superfici affacciate del cavidotto e del gasdotto deve essere tale da consentire eventuali interventi di manutenzione su entrambi i servizi interrati.

L'incrocio fra cavi d'energia e tubazioni metalliche interrate non deve essere effettuato sulla proiezione verticale di giunti non saldati delle tubazioni stesse. Non si devono effettuare giunti sui cavi a distanza inferiore ad 1 m dal punto di incrocio.

Nel caso di incrocio con un gasdotto interrato i cavi dovranno essere alloggiati all'interno di un manufatto di protezione, che dovrà essere prolungato da una parte e dall'altra dell'incrocio stesso per almeno 1 metro nei sovrappassi e 3 metri nei sottopassi, misurati a partire dalle tangenti verticali alle pareti esterne del gasdotto. Nessuna prescrizione è data nel caso in cui la distanza minima, misurata fra le superfici esterne di cavi elettrici e di tubazioni metalliche o fra quelle di eventuali loro manufatti di protezione, è superiore a 0.50 m.

Tale distanza può essere ridotta fino ad un minimo di 0.30 m, quando una delle strutture di incrocio è contenuta in manufatto di protezione non metallico, prolungato per almeno 0.30 m per parte rispetto all'ingombro in pianta dell'altra struttura oppure quando fra le strutture che si incrociano si venga interposto un elemento separatore non metallico (ad esempio lastre di calcestruzzo o di materiale isolante rigido); questo elemento deve poter coprire, oltre alla superficie di sovrapposizione in pianta delle strutture che si incrociano, quella di una striscia di circa 0.30 m di larghezza ad essa periferica.

Le distanze suddette possono ulteriormente essere ridotte, previo accordo fra gli Enti proprietari o Concessionari, se entrambe le strutture sono contenute in un manufatto di protezione non metallico.

Prescrizioni analoghe devono essere osservate nel caso in cui non risulti possibile tenere l'incrocio a distanza uguale o superiore a 1 m dal giunto di un cavo oppure nei tratti che precedono o seguono immediatamente incroci eseguiti sotto angoli inferiori a 60° e per i quali non risulti possibile osservare prescrizioni sul distanziamento.

- e) Attraversamenti di linee in cavo con strade pubbliche, ferrovie, tranvie, filovie, funicolari terrestri: in corrispondenza degli attraversamenti delle linee in cavo interrato con ferrovie, tranvie, filovie, funicolari



terrestri in servizio pubblico o in servizio privato per trasporto di persone, autostrade, strade statali e provinciali e loro collegamenti nell'interno degli abitati, il cavo deve essere disposto entro robusti manufatti (tubi, cunicoli, ecc.) prolungati di almeno 0.60 m fuori della sede ferroviaria o stradale, da ciascun lato di essa, e disposti a profondità non minore di 1.50 m sotto il piano del ferro di ferrovie di grande comunicazione, non minore di 1.00 m sotto il piano del ferro di ferrovie secondarie, tranvie, funicolari terrestri, e sotto il piano di autostrade, strade statali e provinciali. Le distanze vanno determinate dal punto più alto della superficie esterna del manufatto. Le gallerie praticabili devono avere gli accessi difesi da chiusure munite di serrature a chiave. Quando il cavo è posato in gallerie praticabili sottopassanti l'opera attraversata, non si applicano le prescrizioni di cui sopra purché il cavo sia o interrato a profondità non minore di 0.50 m sotto il letto della galleria, o sia protetto contro le azioni meccaniche mediante adatti dispositivi di protezione (di cemento, mattoni, legno o simili).

- f) Attraversamenti di corsi d'acqua, canali. L'attraversamento di corsi d'acqua, canali e simili può essere effettuato mediante staffaggio su ponti e strutture preesistenti ovvero mediante perforazione teleguidata. Quest'ultima in particolare consente grande sicurezza ed evita, inoltre, interventi su argini e/o sponde.

L'intervento sarà effettuato nelle fasi seguenti:

- a. Realizzazione di un foro pilota, infilando nel terreno, mediante spinta e rotazione, una successione di aste che guidate opportunamente dalla testa, che creano un percorso sotterraneo che va da un pozzetto di partenza ad uno di arrivo.
- b. Recupero delle aste con dietro un alesatore che, opportunamente avvitato al posto della testa, ruotando con le aste genera il foro del diametro voluto. Insieme all'alesatore, o in seguito, sono posate le condutture ben sigillate entro cui verrà posizionato il cavo.

La trivellazione viene eseguita ad una profondità tra 5 e 10 m sotto l'alveo del corso d'acqua, tale da non essere interessata da fenomeni di erosione, mentre i pozzetti di ispezione che coincidono con quello di partenza e di arrivo della tubazione di attraversamento vengono realizzati alla quota del terreno.