

**REGIONE PUGLIA**



**PROVINCIA DI FOGGIA**



**COMUNE DI  
TORREMAGGIORE**



Denominazione Impianto:

**TORREMAGGIORE**

Ubicazione:

**Comune di Torremaggiore (FG)  
Località "Voiragni-Stella Nuova"**

Fogli Torremaggiore: 16/72/73/75/76/  
77

Particelle: varie

**PROGETTO DEFINITIVO**

di un Parco Eolico composto da n. 12 aerogeneratori di potenza nominale pari a 6,0 MW,  
da ubicarsi in agro del comune di Torremaggiore (FG) - località "Voiragni-Stella Nuova"  
e delle opere connesse e delle infrastrutture indispensabili da ubicarsi in agro del comune di Torremaggiore (FG)

PROPONENTE



**RAVANO WIND**

VIA XII OTTOBRE, 2/91

GENOVA (GE) - 16121

P.IVA 02815210998

ravanowind@pec.it

ELABORATO

**CALCOLO PRELIMINARE IMPIANTI ELETTRICI**

Tav n° 2CP-I

Scala .....

Aggiornamenti	Numero	Data	Motivo	Eseguito	Verificato	Approvato
	Rev 0	Luglio 2023	Istanza VIA art. 23 D.Lgs 152/06 - Istanza Autorizzazione Unica art.12 D.Lgs 387/03			

PROGETTAZIONE GENERALE  
STUDIO DI INGEGNERIA Ing. Michele R.G. CURTOTTI  
Viale Il Giugno n. 385  
71016 San Severo (FG)  
Ordine degli Ingegneri di Foggia n. 1704  
mail: ing.curtotti@alice.it  
pec: ing.curtotti@pec.it  
Cell:339/8220246

Spazio Riservato agli Enti



<b>RAVANO WIND</b>	WIND FARM TORREMAGGIORE Calcolo Preliminare Impianti Elettrici	Luglio 2023
--------------------	---	-------------

## Sommario

PREMESSA.....	2
DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI DISTRIBUZIONE ELETTRICA .....	2
IMPIANTO DI TERRA .....	3
NORME DI RIFERIMENTO .....	3
DATI DI IMPIANTO .....	4
RETE MT- AT.....	4
GENERATORI ASINCRONI.....	4
TRASFORMATORI MT/BT .....	4
TRASFORMATORI 36/30 kV .....	4
CARATTERISTICHE TECNICHE DEI CAVI 30 kV .....	5
Caratteristiche elettriche .....	5
Tensione di isolamento del cavo .....	5
Temperature massime di esercizio e di corto circuito.....	5
CARATTERISTICHE TECNICHE DEI CAVI 36 kV .....	5
Caratteristiche elettriche .....	5
Tensione di isolamento del cavo .....	6
Temperature massime di esercizio e di corto circuito.....	6
CARATTERISTICHE FUNZIONALI E COSTRUTTIVE .....	6
Collegamenti MT impianto eolico (Interno ed esterno) .....	6
Collegamenti impianto eolico (interno ed esterno ) .....	6
PROGETTO PRELIMINARE DELL'IMPIANTO MT/AT DI TRASMISSIONE DELL'ENERGIA.....	9
La portata dei cavi.....	9

**PREMESSA**

La presente relazione tecnica descrive l'impianto di connessione e distribuzione della energia elettrica prodotta dal PARCO EOLICO "TORREMAGGIORE" proposto nel Comune di Torremaggiore (FG), alle località "Voiragni – Stella Nuova", dalla Società RAVANO Wind, costituito da 12 aerogeneratori di potenza nominale di 6,0 MW, per una potenza complessiva installata di 72 MW.

L'energia elettrica prodotta dall'impianto sarà convogliata alla futura RTN, e più precisamente in antenna a 36 kV, sulla sezione a 36 kV della nuova Stazione Elettrica (SE), a 380/36 kV, della RTN denominata "Torremaggiore" da inserire in entra-esce alla linea 380 kV "San Severo 380 – Rotello 380".

Nel documento viene descritta la topologia, le scelte impiantistiche, valutate le correnti nel funzionamento ordinario e in emergenza, vengono definite le caratteristiche fondamentali di tutti i componenti dell'impianto al fine di garantire il corretto esercizio e la sicurezza dell'impianto.

**DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI DISTRIBUZIONE ELETTRICA**

La rete MT interna, in uscita dall'impianto di generazione da fonte eolica, denominato "Parco Eolico Torremaggiore" avrà una tensione di esercizio di 30 kV.

In particolare, l'energia prodotta dal parco eolico sarà trasportata, tramite n. 4 linee di cavidotti interrati, in media tensione, alla cabina di raccolta/trasformazione; quest'ultima è preposta alla trasformazione (elevazione di tensione da 30 kV a 36 kV) e alla successiva consegna dell'energia elettrica per mezzo di un collegamento, in antenna, tra CS e SSE.

La distribuzione interna al parco eolico avverrà alla tensione nominale di 30 kV, in cavo direttamente interrato, con schema di distribuzione radiale.

Gli aerogeneratori saranno collegati direttamente alla SE attraverso connessioni, in entra-esce, realizzate a piè di aerogeneratori, con aggregazioni fino ad un massimo di quattro turbine.

La topologia di interconnessione è descritta negli allegati grafici (schema unifilare), a cui si rimanda.

All'interno di ogni torre sono presenti le apparecchiature di media e bassa tensione, nonché l'interruttore di manovra e sezionatore con fusibili per la protezione e messa in sicurezza del Trasformatore 30/0,600 kV (MT/BT).

L'impianto sarà inoltre dotato di impianto di supervisione e telecontrollo dei dispositivi di protezione e sezionamento.

Nello studio verrà trascurato il dimensionamento degli impianti elettrici BT degli

aerogeneratori in quanto saranno forniti e progettati direttamente dal costruttore delle turbine, in accordo alle specifiche del presente documento.

Non verranno definite le caratteristiche delle apparecchiature di alta tensione perché già individuate e prescritte dal distributore.

### **IMPIANTO DI TERRA**

La rete di trasmissione nazionale (RTN) è esercita con neutro connesso in maniera franca a terra, quindi sceglieremo di esercire la rete interna al parco a 30 kV con neutro isolato da terra; in queste condizioni la corrente di corto circuito monofase a terra è dovuta agli accoppiamenti capacitivi: considerata la lunghezza dei cavi e le loro caratteristiche si è stimata una corrente di 100 A.

I valori ammissibili della tensione di contatto  $U_{TP}$ , dovuti a guasti a terra, sono tratti dalla Fig.4 " tensioni di contatto ammissibili  $U_{TP}$ , per correnti di durata limitata", della norma CEI EN 50522; tali valori sono stati determinati considerando quattro diversi fattori di percorso (mano sn – piedi, mano dx – piedi, mano – mano, mani – piedi) e quindi i relativi diversi valori della resistenza del corpo umano risultante.

Il valore risultante per la tensione di contatto ammissibile è la media pesata dei quattro casi.

### **NORME DI RIFERIMENTO**

- CEI 0-16: Regola tecnica di riferimento per la connessione di utenti attivi e passivi alle reti AT e 36 KV;
- CEI 99-2 (CEI EN 61936-1): Impianti elettrici a tensione > 1 kV c.a.;
- CEI 99-3 (CEI EN 50522): Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.;
- CEI 11-17 - Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica. Linee in cavo;
- CEI 20-89 - Guida all'uso e all'installazione dei cavi elettrici e degli accessori di 36 KV;
- CEI 64-8 - Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua;
- CEI 11-17 IIIa Ed. 2006: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo.
- CEI 17-1 VIIa Ed. (CEI EN 62271-100) 2013: Apparecchiatura ad alta tensione Parte 100: Interruttori a corrente alternata.
- CEI 17-130 (CEI EN 62271-103) 2012: Apparecchiatura ad alta tensione Parte 103: Interruttori di manovra e interruttori di manovra sezionatori per tensioni nominali superiori a 1 kV fino a 52 kV compreso.

- IEC 61892-4 la Ed. 2007-06: Mobile and fixed offshore units – Electrical installations. Part 4: Cables.
- IEC 60502-2 2014: Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV up to 30 kV – Part 2.

**DATI DI IMPIANTO**

Di seguito si riportano i dati relativi ai vari componenti dell'impianto eolico di Torremaggiore:

**RETE MT- AT**

• Sistema	trifase
• Frequenza	50 Hz
• Tensione nominale (lato MT)	30 kV
• Tensione nominale (lato AT)	36 kV
• Corrente massima di cortocircuito per 1 sec.	$\geq 20$ kA

**GENERATORI ASINCRONI**

• Potenza nominale	6000 kW
• Tensione nominale	600 V
• Frequenza nominale	50 Hz

**TRASFORMATORI MT/BT**

• Potenza nominale	6500 kVA
• Rapporto trasformazione	30/0.60 kV
• Tensione di corto circuito	9 %
• Perdite nel ferro	4 kW
• Collegamento	Dyn5
• Regolazione	$\pm 2 \times 2.5\%$

**TRASFORMATORI 36/30 kV**

• Potenza nominale	100 MVA (ONAN) – 125 MVA (ONAF)
• Rapporto trasformazione	36/30 kV
• Tensione di corto circuito	8 %
• Collegamento	YNd11

**CARATTERISTICHE TECNICHE DEI CAVI 30 kV**

Di seguito sono riepilogate le caratteristiche tecniche ed elettriche dei cavi che verranno utilizzati per il collegamento in media tensione:

**Caratteristiche elettriche**

Le caratteristiche elettriche principali del sistema elettrico in media tensione sono:

• Sistema elettrico	3 fasi - c.a.
• Frequenza	50 Hz
• Tensione nominale	30 kV
• Tensione massima	36 kV
• Categoria sistema	B

**Tensione di isolamento del cavo**

Dalla Tab. 4.1.4 della norma CEI 11-17 in base a tensione nominale e massima del sistema la tensione di isolamento  $U_0$  corrispondente è 18 kV.

**Temperature massime di esercizio e di corto circuito**

Dalla Tab.4.2.2.a della norma CEI 11-17 per cavi con isolamento estruso in polietilene reticolato ed in gomma ad alto modulo la massima temperatura di esercizio è di 90°C mentre quella di corto circuito è di 250°C.

**CARATTERISTICHE TECNICHE DEI CAVI 36 kV**

Di seguito sono riepilogate le caratteristiche tecniche ed elettriche dei cavi che verranno utilizzati per il collegamento a 36 kV:

**Caratteristiche elettriche**

Le caratteristiche elettriche principali del sistema elettrico in media tensione sono:

• Sistema elettrico	3 fasi - c.a.
• Frequenza	50 Hz
• Tensione nominale	36 kV
• Tensione massima	42 kV
• Categoria sistema	B

**Tensione di isolamento del cavo**

Dalla Tab. 4.1.4 della norma CEI 11-17 in base a tensione nominale e massima del sistema la tensione di isolamento  $U_0$  corrispondente è 20.8 kV.

**Temperature massime di esercizio e di corto circuito**

Dalla Tab.4.2.2.a della norma CEI 11-17 per cavi con isolamento estruso in polietilene reticolato ed in gomma ad alto modulo la massima temperatura di esercizio è di 90°C mentre quella di corto circuito è di 250°C.

**CARATTERISTICHE FUNZIONALI E COSTRUTTIVE****Collegamenti MT impianto eolico (interno ed esterno)**

I cavi MT utilizzati per le linee elettriche interrate, per il collegamento tra gli aerogeneratori e la cabina di sezionamento e tra questa e la stazione elettrica, saranno del tipo "pre-cordato" ad elica visibile o "trifoglio", idonei alla posa interrata, con conduttore in Al, isolamento XLPE, schermo in tubo Al, guaina in PE.

I cavi previsti sono destinati a sistemi elettrici di distribuzione con  $U_0/U=18/30$  kVe tensione massima  $U_m=36$  kV, sigla di designazione **ARE 4H4H5EX**.

**Collegamenti impianto eolico (interno ed esterno )**

I cavidotti 30 e 36 kV che realizzano il collegamento tra gli aerogeneratori e la cabina di raccolta/trasformazione/consegna nonché il collegamento tra quest'ultima e la SSE della RTN seguiranno le modalità di posa riportate nella norma CEI 11-17, sarà costituito da cavi unipolari (ad elica visibile) direttamente interrati, ovvero modalità di posa tipo **M**, ad eccezione degli attraversamenti di opere stradali, corsi d'acqua e impianti a rete interrati come da prescrizioni dagli enti concessionari; in questi ultimi casi la tipologia di posa prevederà cavi unipolari intubo interrato, modalità di posa **N**, mediante l'uso della tecnica di trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.).

La posa verrà eseguita ad una profondità, dal piano di campagna, dica. 1.20 m e larghezza variabile in base al numero di conduttori che dovranno esservi alloggiati.

La posa dei vari materiali, partendo dal fondo dello scavo, sarà eseguita secondo i seguenti passaggi successivi:

- Posa strato di sabbia di 10 cm;
- Posa di cavi a trifoglio (sezione 95, 185, 400, 630 mmq) direttamente sullo strato di sabbia;

- Posa del tegolo di protezione supplementare;
- Posa strato di sabbia di 30/40 cm;
- Posa del tubo in PEHD (diametro esterno di 63mm) per inserimento di una linea in cavo di telecomunicazione (Fibra Ottica);
- Riempimento con il materiale proveniente dagli scavi (per 60÷90cm);
- Posa del nastro segnalatore (a non meno di 20 cm dai cavi);
- Riempimento finale con il materiale di risulta dello scavo e ripristino del manto stradale ove necessario, secondo le indicazioni riportate nelle concessioni degli enti proprietari.

Lungo tutto lo scavo dei collegamenti tra gli aerogeneratori sarà posata una corda in rame nudo di sezione 50 mmq per la messa a terra dell'impianto.

I percorsi interrati dei cavi devono essere appositamente segnalati mediante l'utilizzo di nastri monitori posati, nello scavo, a non meno di 20 cm al di sopra dei cavi (secondo quanto prescritto dalla norma CEI 11-17:2006-07) e dovranno riportare la dicitura "*Attenzione Cavi Energia in Media Tensione*".

**PROGETTO PRELIMINARE DELL'IMPIANTO MT/AT DI TRASMISSIONE DELL'ENERGIA****La portata dei cavi**

Il trasporto dell'energia avviene mediante l'utilizzo di cavi interrati posati in trincea a sezione trapezoidale sul letto di sabbia secondo quanto descritto dalla modalità M delle norme CEI 11-17.

I cavi utilizzati sono con conduttore in alluminio a corda rigida rotonda, isolati con una miscela isolante a base di polietilene reticolato, schermati per mezzo di piattine o fili di rame, la guaina protettiva è a base di polivinilcloruro; la sezione dei cavi di ciascuna linea è stata calcolata in modo da essere adeguata ai carichi da trasportare nelle condizioni di massima produzione di tutti gli aerogeneratori, facenti parte della linea MT, e minimizzare le perdite.

Tutti i cavi MT 30 kV sono stati dimensionati in modo da risultare verificate le seguenti relazioni:

$$1) \quad I_c \leq I_n$$

$$2) \quad \Delta V\% \leq 5\%$$

Dove:

- $I_c$  è la corrente di impiego del cavo;
- $I_n$  è la portata del cavo, calcolata tenendo conto del tipo di cavo e delle condizioni di posa;
- $\Delta V\%$  è la massima caduta di tensione calcolata a partire dalla cabina d'impianto fino all'aerogeneratore più lontano.

La portata dei cavi, interrati ad una profondità non inferiore ad 1,2 m, con temperatura del terreno di 20° C e resistività termica del terreno stesso pari a 1,0° Cm/W, è desumibile dalla tabella 1, seguente:

<b>RAVANO WIND</b>	WIND FARM TORREMAGGIORE Calcolo Preliminare Impianti Elettrici	Luglio 2023
--------------------	---	-------------

**Cavo Tipo ARE 4H1RX 18/30 kV**

Posa interrata		T. funzionamento		T. 90°	
Sez. (mmq)	1°Cm/W In (A)	R	X	R	X
		ohm/Km	ohm/Km	ohm/Km	ohm/Km
70	210	0,442	0,133	0,576	0,15
95	251	0,316	0,125	0,415	0,14
120	286	0,25	0,119	0,329	0,14
150	319	0,207	0,115	0,269	0,13
185	361	0,162	0,11	0,217	0,12
240	419	0,11	0,107	0,168	0,12
300	472	0,1	0,103	0,134	0,12
400	540	0,083	0,101	0,109	0,11
500	615	0,06	0,097	0,1	0,11
630	699	0,048	0,095	0,1	0,1

Il progetto delle linee elettriche si fonda sul criterio della perdita della potenza e della caduta di tensione ammissibile.

Pertanto:

In base al numero di turbine che, secondo lo schema unifilare adottato (vedi tavola IE 09), risultano collegate a monte di ciascuna linea, viene definita una corrente massima di impianto denominata "Ic" che viene determinata utilizzando la seguente espressione:

$$I_c = \frac{P}{V \times \sqrt{3}}$$

Successivamente, si sceglie una sezione per ciascun cavo di linea e, ipotizzando un coefficiente del terreno pari a 1,0° Cm/W, viene individuata la corrispondente corrente nominale In.

Il coefficiente Kt è ricavato dai data sheet dei costruttori.

Il valore di corrente nominale così ottenuta viene corretta per mezzo dell'applicazione di un coefficiente (K) che tiene conto dell'influenza reciproca di più cavi posati nella stessa trincea; si ottiene, quindi, il valore finale di corrente nominale (In) di cavo da paragonare al valore di corrente Ic di impianto.

Per le linee posate nella medesima trincea, la distanza tra le terne assunta è 7 cm, le tabelle del costruttore prevedono i seguenti coefficienti di abbattimento della portata:

<b>RAVANO WIND</b>	WIND FARM TORREMAGGIORE Calcolo Preliminare Impianti Elettrici	Luglio 2023
--------------------	---	-------------

<i>Distanza tra i cavi o terne</i>	<i>Numero di cavi o terne (in orizzontale)</i>			
	2	3	4	6
7	0.84	0.74	0.67	0.60

**Coefficienti di derating della portata per più circuiti affiancati**

Nel caso in esame, la maggior parte dello sviluppo delle linee prevede l'alloggiamento di un'unica terna di cavi MT posati in trincea (K=1); ad esempio, per i tratti di collegamento ove si avrà la compresenza di n. 2 terne di cavi, posati a trifoglio posti nella medesima trincea, il coefficiente K è pari a 0.84.

Se il valore di corrente (In) è maggiore del valore effettivo di portata (Ic) la scelta della sezione del cavidotto risulta adeguata.

**I risultati delle elaborazioni, condotte secondo la metodologia su esposta, sono riepilogati in tabella 2 seguente:**

Id. WTG	n° turbine collegate	lunghezza linea MT (ml)	Ic (A)	Sez. cavo (mmq)	n° cavi in trincea	In (A)	Delta P (kW)
da Id. A1 a A4	1	2890	115,61	95	1	251	35,01
da Id. A4 a A7	2	2235	231,21	185	2	303,24	55,61
da Id. A7 a CS	3	4337	346,82	400	3	399,6	112,29
da Id. A2 a A3	1	1313	115,61	95	1	251	15,90
da Id. A3 a A6	2	2456	231,21	185	2	303,24	61,11
da Id. A6 a A5	3	880	346,82	400	2	453,6	22,78
da Id. A6 a CS	4	4942	462,43	630	3	517,26	144,43
da Id. A8 a A9	1	5143	115,61	95	1	251	62,30
da Id. A9 a A10	2	1495	231,21	185	2	303,24	37,20
da Id. A10 a CS	3	2950	346,82	400	3	399,6	76,38
da Id. A11 a A12	1	1658	238,92	185	2	303,24	44,05
da Id. A12 a CS	2	2230	231,21	185	2	303,24	55,48

Individuata quindi la sezione del cavidotto idonea per ciascuna linea di cui si compone l'impianto, si procede alla verifica della perdita di potenza per mezzo della seguente formula:

$$\Delta P = 3\rho \frac{LI^2}{S}$$

- $\rho$ : la resistività elettrica del conduttore (alluminio) espressa in  $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ;
- L: la lunghezza della linea in metri;
- I: la corrente nominale trasportata;
- S: la sezione del cavo in  $\text{mm}^2$ ;

<b>RAVANO WIND</b>	WIND FARM TORREMAGGIORE Calcolo Preliminare Impianti Elettrici	Luglio 2023
--------------------	---	-------------

***Cavi MT di collegamento tra aerogeneratori***

Si riterrà che un guasto a terra verrà risolto in un tempo inferiore ad una ora e pertanto, considerato che la tensione nominale del sistema è di 30 kV si sceglieranno cavi con  $U/U_0$  pari a 18/30 kV.

Per i cavidotti di interconnessione tra le WTG, saranno utilizzati cavi idonei per posa interrata in alluminio, con isolamento in polietene reticolato (XLPE), schermo del conduttore in miscela semiconduttiva, schermo tipo nastro di alluminio laminato, guaina esterna in polietilene MDPE (ST7), tipo **ARE 4H4H5EX 18/30 o similari (con livello di isolamento fino a 36 kV)**.

***Cavo 36 kV di collegamento tra CS e SSE***

Ciascun collegamento in cavo, a 36 kV, tra la futura stazione RTN, a 380/36 kV, denominata "Torremaggiore", e la cabina di raccolta/trasformazione, a 36 kV, dovrà sostenere il trasporto 36,0 MW (meno le perdite di carico) e quindi è interessato da una corrente nominale di **578,03 A**:

Collegament o CS/SSE	n° turbine collegate	lunghezza linea MT (ml)	Ic (A)	Sez. cavo (mmq)	n° cavi in trincea	In (A)	Delta P (kW)
36 kV	6	4236	578,03	630	2	587,16	193,43
36 kV	6	4236	578,03	630	2	587,16	193,43

Per tale valore di corrente, si prevede l'utilizzo di n. 2 cavi in alluminio, aventi sezione 630 mmq, con isolamento in polietene reticolato (XLPE), schermo del conduttore in miscela semiconduttiva, schermo tipo nastro di alluminio laminato, guaina esterna in polietilene MDPE (ST7), tipo **ARE4H5E 20.8/36 kV o similari (con livello di isolamento fino a 42 kV)**.