

**Regione Campania**  
**Provincia di Avellino**  
**Comune di Ariano Irpino**



PROVINCIA DI  
AVELLINO



**Titolo del progetto**

**PROGETTO PER LA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN  
IMPIANTO EOLICO DENOMINATO "ARIANO" DELLA  
POTENZA COMPLESSIVA DI 100,8 MW E DELLE RELATIVE  
OPERE CONNESSE, DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI  
ARIANO IRPINO (AV)**

**Timbro e firma del progettista**

**Titolo elaborato**

Relazione tecnica dimensionamento cavidotti 30kV

**Codice elaborato**

WIND055-REL005

**Stato del progetto**

DEFINITIVO

**Scala del disegno**

-

**Ingegneria**

**Proponente**

**Powering renewables.**

ECOWIND 5 S.r.l. Via Alessandro Manzoni, 30  
20121 Milano (MI) P. IVA: 12529050960

Rev.	Descrizione	Data	Redatto	Verificato	Approvato
0	Emissione	27/09/2023	Ing. G. De Simone	Ing. G. De Simone	Ing. G. De Simone

## Sommario

<b>1.</b>	<b>INTRODUZIONE.....</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>NORME E PRESCRIZIONI DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>3</b>
<b>3.</b>	<b>GENERALITA' SUL PROGETTO DELLA CENTRALE EOLICA .....</b>	<b>3</b>
<b>4.</b>	<b>CABINA AEROGENERATORE.....</b>	<b>3</b>
<b>5.</b>	<b>ELETTRODOTTI.....</b>	<b>6</b>
<b>6.</b>	<b>CALCOLI E VERIFICHE RELATIVI AL PROGETTO DELL'ELETTRODOTTO INTERRATO .....</b>	<b>8</b>
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>11</b>

---

## **1. INTRODUZIONE**

---

La presente relazione è stata effettuata al fine del corretto dimensionamento degli elettrodotti interrati di parco in media tensione 30 kV, per il vettoriamento dell'energia prodotta della centrale eolica da 100,8 MVA fino alla cabina di parallelo.

Tale cavidotto, verrà realizzato, con apposito scavo, sul tracciato di strade esistenti o da realizzare ex-novo nel territorio comunale di Ariano Irpino, in provincia di Avellino.

---

## **2. NORME E PRESCRIZIONI DI RIFERIMENTO**

---

Per i cavidotti l'esecuzione delle forniture e dei montaggi sarà fatta secondo tutte le regole dell'arte e sarà in accordo alle seguenti norme e prescrizioni:

In particolare si fa esplicito riferimento alle Norme:

- C.E.I. (Comitato Elettrotecnico Italiano);
- CEI 11-17 "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – linee in cavo";
- I.E.C. (International Electrotechnical Commission).

---

## **3. GENERALITA' SUL PROGETTO DELLA CENTRALE EOLICA**

---

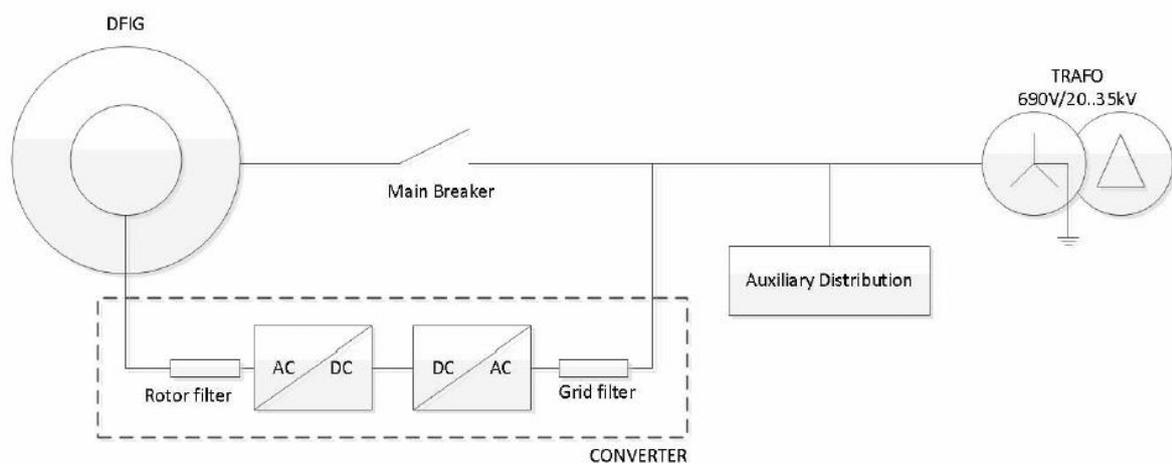
Nella configurazione finale dell'impianto eolico è previsto che, nel territorio comunale vengano installati n° 14 aerogeneratori ad asse orizzontale (WTG) della potenza elettrica nominale di 7.200 kW cadauno. La potenza elettrica installata, considerando l'impianto composto da n° 14 macchine da 7.200 kW, risulta essere pari quindi a 100,8 MW.

---

## **4. CABINA AEROGENERATORE**

---

In ogni aerogeneratore, all'interno della torre di sostegno sono contenute tutte le apparecchiature di bassa tensione (raddrizzatori, inverter, quadro di comando e controllo aerogeneratore) e di media tensione (trasformatore BT/MT, quadro MT di sezionamento e protezione). Dal generatore elettrico posto all'interno della navicella, i cavi trasportano l'energia elettrica prodotta al trasformatore (MT) in cui avviene l'elevazione ad una tensione di 30 kV (vedi schema di turbina in figura 1)



*Figura 1 – Schema di generazione elettrica*

Di qui l'energia viene immessa nei cavi interrati al fine di trasportarla verso la cabina di parallelo che sarà posta nelle vicinanze della sottostazione elettrica (SSE) di trasformazione MT/AT. La SSE eleverà la tensione da MT ad AT e sarà collegata in antenna a 150 kV alla Stazione Elettrica di Trasformazione (SE) collegata in entra-esce sulla linea 380 kV "Benevento 3 – Troia 380" come da STMG codice pratica 202202547 allegata al progetto.

Il percorso del cavidotto fino alla cabina di parallelo interesserà più linee MT 30 kV secondo la disposizione riportata in figura 2.



Figura 2 – disposizione dei wtg's su stralcio C.T.R.

## 5. ELETTRODOTTI

II trasporto dell'energia in AT avverrà mediante cavi interrati posati sul letto di sabbia, secondo quanto descritto dalla modalità "M"1 delle norme CEI 11-17.

Per il dimensionamento del cavidotto si è adottata la tensione di esercizio pari a 30 kV.

I cavi considerati sono del tipo armonizzato RG7H1R 26/45 kV ad elica visibile in rame, isolati in XLPE (polietilene reticolato), in sede esecutiva potranno essere comunque usati cavi con caratteristiche tecniche differenti in funzione della disponibilità di mercato, che garantiscano comunque il funzionamento in sicurezza alla tensione di esercizio di 30 kV.

La scelta delle sezioni dei cavi suddetti, è stata effettuata con l'obiettivo di mantenere le perdite di energia (su ciascuna linea MT) al di sotto del valore di soglia imposto del 2%.

La sezione dei cavi di ciascun tronco di linea è stata calcolata in modo da essere adeguata all'energia da trasportare nelle condizioni di massima generazione delle turbine (7.200 kW) e potrà subire modifiche in considerazione delle caratteristiche definitive dei cavi utilizzati.

La portata dei cavi considerati, ad una profondità media di 1,00 m con temperatura del terreno di 25° C, resistività termica del terreno stesso pari a 1° C m/W, è indicata nella Tabella 1:

Caratteristiche tecniche/Technical characteristics					Portata di corrente			
U max: 52 kV					Current rating			
Formazione	Ø indicativo conduttore	Spessore medio isolante	Ø esterno max	Peso indicativo cavo	A			
Size	Approx. conduct. Ø	Average insulation thickness	Max outer Ø	Approx. cable weight	in aria In air		interrato* buried*	
n° x mm <sup>2</sup>	mm	mm	mm	kg/km	a trifoglio trefoil	in piano flat	a trifoglio trefoil	in piano flat
1 x 70	9,7	10,3	41,9	2150,0	280,0	315,0	255,0	260,0
1 x 95	11,4	10,3	43,8	2490,0	340,0	380,0	300,0	310,0
1 x 120	12,9	10,0	44,8	2735,0	395,0	440,0	355,0	365,0
1 x 150	14,3	9,5	45,1	3020,0	445,0	495,0	385,0	395,0
1 x 185	16,0	9,3	47,1	3395,0	510,0	570,0	440,0	450,0
1 x 240	18,3	9,3	49,2	4025,0	600,0	665,0	510,0	520,0
1 x 300	21,0	9,0	52,2	4725,0	695,0	760,0	570,0	580,0
1 x 400	23,2	9,0	54,8	5635,0	800,0	875,0	650,0	655,0
1 x 500	26,1	9,0	58,6	6825,0	930,0	1010,0	735,0	740,0
1 x 630	30,3	9,0	62,7	8260,0	1070,0	1180,0	835,0	845,0

\*Resistività termica del terreno 100°C cm/W  
\* Ground thermal resistivity 100°C cm/W

Tabella 1

Di seguito, in Tabella 2, si riportano anche i valori unitari della resistenza e della reattanza di linea alla frequenza di 50 Hz.

<sup>1</sup> Corrisponde, sulla citata norma CEI 11-17, ad una modalità di posa di cavi interrati.

---

**Caratteristiche elettriche/Electrical characteristics**

Formazione Size	Resistenza elettrica a 20°C	Resistenza apparente a 90°C e 50Hz		Reattanza di fase		Capacità a 50Hz
	Max. electrical resistance at 20°C	Conductor apparent resistance at 90°C and 50Hz		Phase reactance		Capacity at 50Hz
		a trifoglio trefoil	in piano flat	a trifoglio trefoil	in piano flat	
n° x mm <sup>2</sup>	Ω/Km	Ω/Km	Ω/Km	Ω/Km	Ω/Km	μF/km
1 x 70	0,268	0,342	0,342	0,15	0,21	0,15
1 x 95	0,193	0,246	0,246	0,14	0,20	0,16
1 x 120	0,153	0,196	0,196	0,14	0,20	0,18
1 x 150	0,124	0,159	0,158	0,13	0,19	0,20
1 x 185	0,0991	0,128	0,127	0,13	0,19	0,21
1 x 240	0,0754	0,0985	0,0972	0,12	0,18	0,23
1 x 300	0,0601	0,0797	0,0779	0,12	0,18	0,26
1 x 400	0,0470	0,0638	0,0616	0,11	0,17	0,28
1 x 500	0,0366	0,0517	0,0489	0,11	0,17	0,31
1 x 630	0,0283	0,0425	0,0389	0,10	0,16	0,34

*Tabella 2*

I cavi prescelti risultano tali da garantire una caduta di tensione ( $DV_{MAX} < 2\%$ ) in ciascuna linea ampiamente contenute entro i limiti determinati delle regolazioni di tensione consentite dai trasformatori.

La verifica della selezione dei cavi è riportata nel capitolo dedicato ai calcoli di verifica che costituisce parte fondamentale della presente relazione.

## 6. CALCOLI E VERIFICHE RELATIVI AL PROGETTO DELL'ELETTRODOTTO INTERRATO

Premesso che la singola turbina ha una potenza di 7.200 kW, considerando la sezione a valle del trasformatore di macchina (BT/AT) che eleva alla tensione di 30 kV, si deriva il calcolo e le verifiche adottate sul progetto del cavidotto in esame che contengono:

1. il procedimento di verifica del dimensionamento della sezione di ciascun cavo, è stato effettuato considerando una portata di corrente massima di generazione ( $P=P_{nominale}$ );
2. il calcolo e la verifica che la caduta di tensione di ciascuna linea sia  $< 2\%$  Vesercizio.

Per quanto riguarda il punto 1, osserviamo che l'aliquota di intensità di corrente prodotta da ciascun aerogeneratore è data da:

$$I_{WTG} = \frac{P_{WTG}}{V_{eser} \cdot \cos\phi \cdot \sqrt{3}} \quad \text{da cui:} \quad I_{WTG} = 138,7 \text{ A}$$

(avendo assunto un valore del  $\cos\phi = 0,95$ ).

Sulla linea con n.2 WTG's in serie si raggiungerà una massima corrente di generazione transitante nella linea (alla condizione di  $P = P_{nominale}$  per ciascuna turbina) pari a:

$$I_{LINEA\_MAX} = 277,5 \text{ A}$$

Sulla linea con n.3 WTG's in serie si raggiungerà una massima corrente di generazione transitante nella linea (alla condizione di  $P = P_{nominale}$  per ciascuna turbina) pari a:

$$I_{LINEA\_MAX} = 416,2 \text{ A}$$

Dai dati del cavo in oggetto, riportati in Tab. 1, considerando poi i coefficienti correttivi moltiplicativi della portata dovuti: alla profondità di posa del cavo, alle caratteristiche di posa, alla temperatura del terreno e alla resistività termica del terreno, che vengono riportate nella Tabella 3 seguente, otterremo che la massima portata ammissibile di ciascuna linea decresce.

Resistività termica del terreno (100° C cm/W)	Numero gruppi cavi posati in terra (N° = 4)	Profondità di posa (h = 1 m)	Temperatura dell'ambiente (20°C)
K = 1	K <sub>1</sub> = 0,74 (dist. tra terne di cavi = 40 cm)	K <sub>2</sub> = 1	K <sub>3</sub> = 1

Tabella 3

Da cui risulta che, come indicato in Tabella 4, le portate risultano ridotte e si otterrà rispettivamente:

Sezione (mmq)	Portata ridotta (A)
<b>S = 185 mmq</b>	<b>I<sub>MAX</sub>* = 325 A</b>
<b>S = 240 mmq</b>	<b>I<sub>MAX</sub>* = 377 A</b>
<b>S = 300 mmq</b>	<b>I<sub>MAX</sub>* = 422 A</b>
<b>S = 400 mmq</b>	<b>I<sub>MAX</sub>* = 481 A</b>
<b>S = 500 mmq</b>	<b>I<sub>MAX</sub>* = 544 A</b>
<b>S = 630 mmq</b>	<b>I<sub>MAX</sub>* = 618 A</b>

Tabella 4

Pertanto la configurazione finale dell'impianto, risulta essere quella riportata in Figura 3:

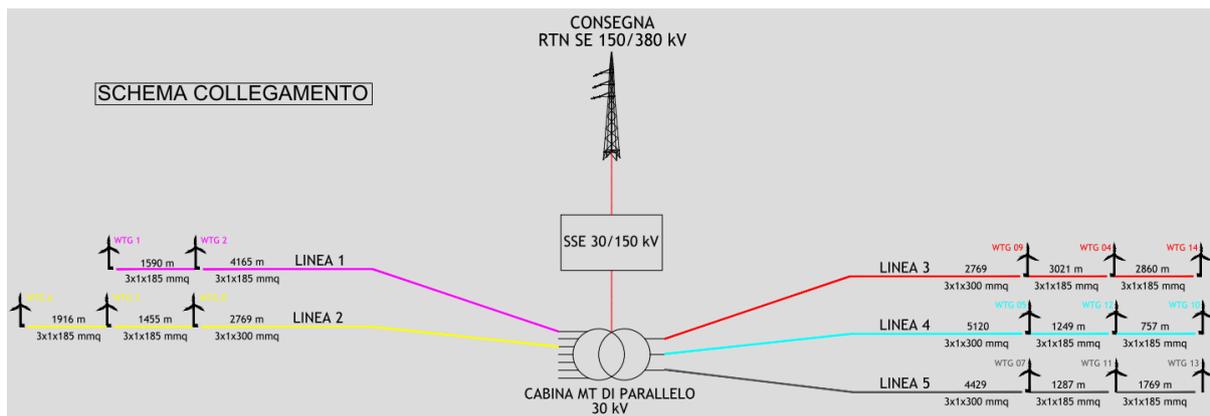


Figura 3 – schema di collegamento wtg's

Per quanto riguarda il calcolo di verifica della caduta di tensione si avrà:

$$DV = K \cdot L \cdot I \cdot (R \cos \varphi + X \sin \varphi) \quad (V)$$

Dove:

$$K = \sqrt{3} \text{ (linee trifase);}$$

L = lunghezza della linea in km;

A = corrente in Ampere;

R = resistenza elettrica chilometrica apparente di fase alla Teser. in W/ km;

X = reattanza di fase della linea in W/ km;

f= angolo di sfasamento.

Per quanto, invece, alle verifiche sulle perdite di tensione sui cavi, si riporta nella tabella a seguire i risultati del calcolo, da cui si evince che le perdite non superano mai il 2% come da specifica di progetto.

<b>LINEA</b>	<b>TRATTO</b>	<b>PARAM.</b>	<b>LUNGHEZZA</b>	<b>Sezione Cavo</b>	<b>n. trecce</b>	<b>Posa</b>	<b>DV</b>		
<b>id.</b>	<b>id.</b>	<b>-</b>	<b>m</b>	<b>mm2</b>	<b>-</b>		<b>V</b>		
1	1	WTG10-WTG12	757	185	1	interrata	15,341		
1	2	WTG12-WTG5	1249	185	1	interrata	52,15		
1	3	WTG5-CABINA	5120	300	1	interrata	201,008		
<b>TOT</b>							<b>7126</b>	<b>268,499</b>	<b>DV%</b>
									<b>0,75%</b>
<b>LINEA</b>	<b>TRATTO</b>	<b>PARAM.</b>	<b>LUNGHEZZA</b>	<b>Sezione Cavo</b>	<b>n. trecce</b>	<b>Posa</b>	<b>DV</b>		
<b>id.</b>	<b>id.</b>	<b>-</b>	<b>m</b>	<b>mm2</b>	<b>-</b>		<b>V</b>		
2	1	WTG13-WTG11	1769	185	1	interrata	35,85		
2	2	WTG11-WTG7	1287	185	1	interrata	53,737		
2	3	WTG7-CABINA	4429	300	1	interrata	173,88		
<b>TOT</b>							<b>7485</b>	<b>263,467</b>	<b>DV%</b>
									<b>0,73%</b>
<b>LINEA</b>	<b>TRATTO</b>	<b>PARAM.</b>	<b>LUNGHEZZA</b>	<b>Sezione Cavo</b>	<b>n. trecce</b>	<b>Posa</b>	<b>DV</b>		
<b>id.</b>	<b>id.</b>	<b>-</b>	<b>m</b>	<b>mm2</b>	<b>-</b>		<b>V</b>		
3	1	WTG6-WTG3	1916	185	1	interrata	38,829		
3	2	WTG3-WTG8	1455	185	1	interrata	60,752		
3	3	WTG8-CABINA	2769	300	1	interrata	108,709		
<b>TOT</b>							<b>6140</b>	<b>208,29</b>	<b>DV%</b>
									<b>0,58%</b>
<b>LINEA</b>	<b>TRATTO</b>	<b>PARAM.</b>	<b>LUNGHEZZA</b>	<b>Sezione Cavo</b>	<b>n. trecce</b>	<b>Posa</b>	<b>DV</b>		
<b>id.</b>	<b>id.</b>	<b>-</b>	<b>m</b>	<b>mm2</b>	<b>-</b>		<b>V</b>		
4	1	WTG14-WTG4	2860	185	1	interrata	57,961		
4	2	WTG4-WTG9	3021	185	1	interrata	126,139		
4	3	WTG9-CABINA	2769	300	1	interrata	90,925		
<b>TOT</b>							<b>8650</b>	<b>275,025</b>	<b>DV%</b>
									<b>0,76%</b>
<b>LINEA</b>	<b>TRATTO</b>	<b>PARAM.</b>	<b>LUNGHEZZA</b>	<b>Sezione Cavo</b>	<b>n. trecce</b>	<b>Posa</b>	<b>DV</b>		
<b>id.</b>	<b>id.</b>	<b>-</b>	<b>m</b>	<b>mm2</b>	<b>-</b>		<b>V</b>		
5	1	WTG1-WTG2	1590	185	1	interrata	32,223		
5	2	WTG2-CABINA	4165	185	1	interrata	173,906		
<b>TOT</b>							<b>5755</b>	<b>206,129</b>	<b>DV%</b>
									<b>0,57%</b>

## **7. CONCLUSIONI**

---

Nell'excursus sopra effettuato è stata esposta la descrizione complessiva del progetto di dimensionamento dell'elettrodotto interrato MT per il collegamento della centrale eolica sita nel territorio del comune di Ariano Irpino (AV).

Alla luce dei risultati ottenuti dalla verifica, appare evidente che, le sezioni scelte risultano sicuramente adeguate, in sede esecutiva potranno essere comunque usati cavi con caratteristiche tecniche differenti in funzione della disponibilità di mercato, che garantiscano comunque il funzionamento in sicurezza alla tensione di esercizio di 30 kV.

Eventuali modifiche alla tipologia di cavi o al tracciato dell'elettrodotto, anche a seguito di prescrizioni derivanti dall'iter autorizzativo, comporterà la necessità di eseguire un ricalcolo delle sezioni dei conduttori.