



REGIONE PUGLIA



PROVINCIA DI FOGGIA



COMUNE DI CERIGNOLA

PROGETTO:

**PROGETTO DEFINITIVO
DI UN PARCO EOLICO
"CERIGNOLA VENETA NORD"
Opere Elettriche**

COMMITTENTE:

Veneta Energia S.r.l.

Via 1° Maggio, 41 - 31024 Ormelle (TV) P.I. 03954830281

PROGETTAZIONE:



Via San Giacomo del Capri, 38
80128 Napoli
P.I. 04675401212



TITOLO:

**OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN
RELAZIONE CALCOLI IMPIANTI**

REVISIONI	N.	DATA	DESCRIZIONE	ELABORATO	VERIFICATO	APPROVATO
	00	30.03.2018	PRIMA EMISSIONE	INSE S.r.l.	L.MALAFARINA	F. DI MASO

TIPOLOGIA DELL'ELABORATO			NUMERO DELL'ELABORATO		
RELAZIONE			PAREL10		
NOME DEL FILE	SCALA CAD	FORMATO	SCALA	FOGLIO	
PAREL10.pdf		A4		1 / 10	

INDICE

1. PREMESSA	3
2. RETE MT INTERNA AL PARCO.....	4
2.1 Scelta del livello di tensione	4
2.2 DIMENSIONAMENTO CAVIDOTTI MT	5
2.3 SCELTA DELLA SEZIONE	7
3. CAVO 150 kV.....	Errore. Il segnalibro non è definito.
Caratteristiche del cavo e corrente di calcolo	Errore. Il segnalibro non è definito.
4. CALCOLI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA RETE DI COLLEGAMENTO	9

1. PREMESSA

La società Veneta Energia S.r.l., in qualità di proponente, ha presentato alla Regione Puglia la richiesta di autorizzazione alla costruzione ed all'esercizio di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica costituito da 12 aerogeneratori da 4,2 MW per una potenza complessiva di 50,4 MW da realizzare nel Comune di Cerignola (FG) in seguito denominato Veneta Nord.

Per poter immettere sulla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) l'energia prodotta dal suddetto impianto di produzione la Soc. Veneta Energia ha richiesto a Terna le modalità di connessione alla RTN.

La Soc. Terna con la STMG ha indicato le modalità di connessione, che sono le seguenti: *“collegamento sulle sbarre 150 kV della futura stazione di trasformazione 380/150 kV di Terna localizzata nel Comune di Cerignola”*. Inoltre, Terna ha richiesto che lo stallo a 150 kV, sul quale si attesterà il suddetto collegamento, sia condiviso con altre società produttrici di energia elettrica da fonte rinnovabile.

L'impianto eolico è costituito da diciannove (19) aerogeneratori, ciascuno dei quali comprende un generatore asincrono trifase ($V= 1\text{kV}$, $P=4,2\text{ MW}$), collegati al rispettivo Trasformatore MT/BT di macchina ($30/1\text{ kV}$, $P=4500\text{ kVA}$).

I 12 aerogeneratori sono interconnessi tra loro tramite un cavidotto interrato avente tensione nominale 30 kV. Ciascun aerogeneratore è elettricamente interconnesso mediante un collegamento di tipo “entra-esci”. In base all'orografia dell'area interessata all'installazione eolica sono stati raggruppati e distinti in due sottocampi. Questi ultimi, convergono attraverso due linee MT alla sottostazione 150/30 kV. Da questa si arriva con un cavo 150 kV ad una nuova stazione 150 kV condivisa con altri proponenti per collegarsi con conduttori aerei alle sbarre della stazione 150/380 kV di Terna definita come il punto di consegna alla RTN.

Pertanto, le opere elettriche necessarie al collegamento alla rete AT della RTN dell'energia prodotta dal parco eolico di Veneta Sud sono le seguenti:

1. Rete in cavo interrato a 30 kV interna al campo eolico per il collegamento di tutti gli aerogeneratori previsti nel progetto.
2. Stazione di trasformazione 30/150 kV
3. Collegamento in cavo tra la suddetta stazione di trasformazione 30/150 kV e la St/ne di condivisione a 150 kV di Cerignola.
4. Stazione di condivisione 150 kV e collegamento alla sezione 150 kV di Terna

Per maggiori dettagli tecnici delle suddette opere si rimanda alle relazioni tecniche-descrittive del progetto definitivo per autorizzazione del quale è parte integrante la presente relazione.

2. RETE MT INTERNA AL PARCO

La sezione di impianto, relativa al presente paragrafo, è quella rappresentata negli schemi elettrici d'impianto, a partire dall'uscita lato BT dei generatori di ogni singolo Aerogeneratore, fino alla stazione di trasformazione MT/150 kV.

2.1 Scelta del livello di tensione

Il parco eolico è composto da 19 aerogeneratori della potenza complessiva di 50,4 MW.

La rete elettrica di raccolta dell'energia prodotta è prevista in media tensione

Con tensione di esercizio di 20 kV abbiamo una corrente totale verso la stazione di trasformazione MT/150 kV pari a

$$I = P/1.73 \cdot V = 1456 \text{ A}$$

Mentre con una tensione di esercizio pari a 30 kV abbiamo una corrente verso la stazione MT/150 kV pari a

$$I = P/1.73 \cdot V = 971 \text{ A}$$

Con la scelta di 30 kV abbiamo che le perdite totali nella rete MT risultano 1068 kW notevolmente inferiori ai 1849 kW di perdite che si hanno con rete MT esercita a 20 kV

Un altro vantaggio che si ha con la rete a 30 kV è la riduzione della fascia di rispetto determinata ai sensi della L.36/01 e D.M. 29.05.2008.

I calcoli di seguito esposti sono stati effettuati a partire dai dati di base e dagli schemi generali di impianto riportati in progetto

2.2 DIMENSIONAMENTO CAVIDOTTI MT

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. Per i cavi interrati le Norme CEI 11-17 prevedono una protezione meccanica che può essere intrinseca al cavo stesso oppure supplementare, a secondo del tipo di cavo e della profondità di posa. Nel caso specifico, nella posa di cavi in trincea a cielo aperto si esegue, quale protezione meccanica, la disposizione di un apposito tegolino in PVC posto ad almeno 20 cm rispetto al cavo stesso. Inoltre, sovrastante il sopradetto tegolino di protezione, viene sistemato un nastro di segnalazione di colore rosso con l'indicazione: CAVI ELETTRICI.

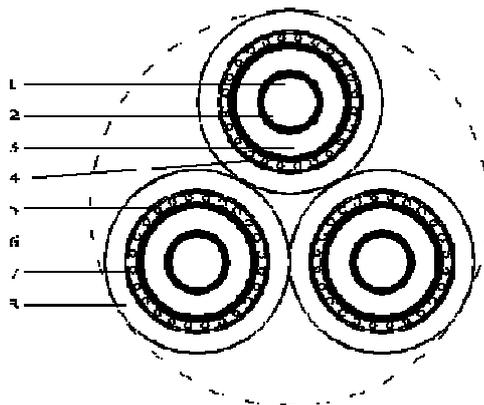
Per i calcoli seguenti, essendo il terreno del territorio di Cerignola prevalentemente argilloso, si è supposta una resistività termica del terreno media ossia pari a 1,5°Cm/W

Gli elementi essenziali che costituiscono un cavo sono il conduttore, il quale deve assolvere la funzione del trasporto della corrente elettrica, e l'isolamento, desinato ad isolare elettricamente la parte attiva (il conduttore) dall'ambiente di posa e sostenere, nel tempo, la tensione di esercizio.

I cavi MT per posa interrata si distinguono in unipolari, tripolari ad elica visibile (a campo radiale), tripolari cinturati (a campo non radiale).

I cavi utilizzati sono con conduttore in alluminio a corda rigida rotonda, isolati con una mescola isolante a base di polietilene reticolato, schermati per mezzo di piattine o fili di rame, la guaina protettiva è a base di polivinilcloruro, così come riportato nella sottostante Figura 1:

Figura 1



La sezione dei cavi di ciascun tronco di 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, sono stati dimensionati in modo tale che risultino soddisfatte le seguenti relazioni:

$$\text{a) } I_c \leq I_n$$

$$\text{b) } \Delta V\% \leq 5\%$$

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 (massima caduta di tensione su ogni sottocampo).

Per il calcolo della portata I è stato assunto un coefficiente di correzione variabile "K" a seconda del numero di cavi all'interno dello stesso scavo e ,a seconda che i cavi siano posati direttamente in terra o in tubo interrato, tale coefficiente è stato ricavato dalle tabelle di riferimento e/o dal data sheet cavi.

La portata dei cavi, direttamente 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 1,5° C m/W, è indicata nel prospetto seguente:

Sez. (mmq)	Posa interrata			T. funzionam.		T=90°C	
	1°Cm/W In (A)	1,5 °Cm/W In (A)	2°Cm/W (A)	R ohm/Km	X ohm/Km	R ohm/Km	X ohm/Km
70	212	186,56	161	0,442	0,133	0,576	0,15
95	252	221,76	191	0,316	0,125	0,415	0,14
120	288	253,44	217	0,250	0,119	0,329	0,14
150	321	282,48	242	0,207	0,115	0,269	0,13
185	364	320,32	273	0,162	0,11	0,217	0,12
240	422	371,36	316	0,11	0,107	0,168	0,12
300	475	418	355	0,100	0,103	0,134	0,12
400	543	477,84	405	0,083	0,101	0,109	0,11
500	618	543,84	460	0,060	0,097	0,1	0,11
630	703	618,64	522	0,048	0,095	0,1	0,1

Cavi MT - Prospetto caratteristiche elettriche tipiche

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

2.3 SCELTA DELLA SEZIONE

Le turbine del campo eolico sono state suddivise in tre gruppi

- linea 1 n. 4 aerogeneratori
- linea 2 n 5 aerogeneratori
- linea 3 n 3 aerogeneratori

secondo la disposizione delle torri sul territorio e radialmente verso la stazione di trasformazione

Per la scelta della sezione in ogni tratta quindi si è elaborata una tabella (Tab A)) dove sono definite le tratte tra aerogeneratori di una singola linea di cavidotto, il numero di turbine collegate e la lunghezza della tratta. La lunghezza della tratta è stata valutata come lunghezza di trincea maggiorata del 5% e con 40 m di scorta.

Secondo il numero di turbine collegate a monte del tratto viene definita una corrente massima di impianto denominata in tabella con I_c .

Viene successivamente individuata una sezione per il cavo e, ipotizzando un coefficiente del terreno pari a $1,5^\circ\text{C}/\text{m}/\text{W}$ (K_t in tabella), viene individuata la corrispondente corrente nominale di cavo (I_n). Il coefficiente K_t è ricavato dai data sheet dei costruttori.

Tale corrente nominale di cavo viene corretta da un coefficiente K che tiene conto dell'influenza reciproca di più cavi in trincea e si ottiene il valore di corrente nominale I di cavo da paragonare al valore di corrente I_c di impianto. Nel nostro caso è stato previsto di posare i cavi a trifoglio ed ad una distanza di 25 cm e pertanto nel caso di 2 cavi in trincea il coefficiente è pari a 0,86 mentre nel caso di 3 cavi il coefficiente è pari a 0,80.

Se la corrente I è maggiore della effettiva portata del cavo I_c la scelta della sezione risulta adeguata.

Individuata quindi tra le sezione di tab. A la sezione più idonea per la tratta si procede alla verifica della perdita di potenza con la seguente formula

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

con ρ la resistività elettrica del conduttore espressa in $\Omega^* \text{ mm}^2/\text{m}$;
 L la lunghezza della linea in metri;
 I la corrente nominale trasportata;
 S la sezione del cavo in mm^2 ;

ed alla verifica della caduta di tensione con la seguente formula

$$\Delta V = \sqrt{3}LI(R_1 \cos \varphi + X_1 \sin \varphi)$$

con ΔV la tensione di esercizio espressa in Volt.
 R_1 la resistenza per unità di lunghezza;
 X_1 la reattanza induttiva per unità di lunghezza;
 L la lunghezza del collegamento;
 I la corrente trasportata;
 $\cos \varphi$ il fattore di potenza;

3. CALCOLI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA RETE DI COLLEGAMENTO

Per quanto su detto si riporta la seguente tabella riepilogativa che riporta il dimensionamento delle singole tratte e la verifica sul contenimento delle perdite di impianto

SEZIONE 3	TRATTA		turbine collegate	Lungh. (m)	lc (A)	Sez. (mmq)	N. cavi trincea	I (A)	ΔP (KW)
	WTG12	WTG11	1	811	80,9	95	1	222	5,03
	WTG11	WTG10	2	1107	161,8	95	1	222	27,47
	WTG10	SE	3	5419	242,8	500	3	435	57,49
	TOTALI			7337,00					89,99

SEZIONE 2	TRATTA		turbine collegate	Lungh. (m)	lc (A)	Sez. (mmq)	N. cavi trincea	I (A)	ΔP (KW)
	WTG05	WTG07	1	2300	80,9	95	1	222	14,27
	WTG06	WTG07	1	930	80,9	95	2	191	5,77
	WTG09	WTG07	1	900	80,9	95	2	191	5,58
	WTG07	WTG08	4	2656	323,7	240	1	371	91,84
	WTG08	SE	5	6265	404,6	500	4	435	184,63
TOTALI			9821,00					302,09	

SEZIONE 1	TRATTA		turbine collegate	Lungh. (m)	lc (A)	Sez. (mmq)	N. cavi trincea	I (A)	ΔP (KW)
	WTG01	WTG02	1	2230	80,9	95	1	222	13,84
	WTG02	WTG04	2	1910	161,8	95	1	222	47,40
	WTG04	WTG03	3	1630	242,8	240	1	371	31,70
	WTG03	SE	4	7420	323,7	500	4	435	139,95
TOTALI			13190,00					232,88	

	N.	Pn a 50 MVA (KW)	P funz. (KW)	50400
P rame TR 40/50 MVA	1	180	45,7	45,7
P ferro TR 40/50 MVA	1	31	31,0	31,0
P rame TR 3,3 MVA	12	25,2	25,2	302,4
P ferro TR 3,3 MVA	12	5,3	5,3	63,6
Perdite totali TR (KW)				442,7

PERDITE TOTALI (KW)	1067,7
----------------------------	---------------

PERDITE TOTALI (%)	2,1%
---------------------------	-------------

Dalla suddetta tabella si evidenzia che ogni tratta è dimensionata per il trasporto della corrente massima prevista e che la somma delle perdite di potenza in tutti i tratti di cavo vale circa 625 kW.

Ipotizzando che il totale delle perdite nel ferro e nel rame dei trasformatori bt/MT, posti all'uscita degli aerogeneratori, e dei trasformatori 30/150 kV sia, nelle condizioni di massimo carico, di 442,7 KW, risulta una perdita totale di circa 1067,7 kW con un rendimento totale pari a 2,1%.