



COMUNE DI ALTAMURA



REGIONE PUGLIA



COMUNE DI SANTERAMO IN COLLE

COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA DA FONTE EOLICA AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 54 MW COSTITUITO DA N.9 AEROGENERATORI DI POTENZA PARI A 6 MW CON RELATIVO COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA – IMPIANTO DENOMINATO “ALTAMURA” UBICATO NEL COMUNE DI ALTAMURA E SANTERAMO IN COLLE.

ELABORATO: **R.10** CALCOLI PRELIMINARI IMPIANTI

COMMITTENTE

SCS 10 srl

Via GEN ANTONELLI 3 - MONOPOLI

PROGETTAZIONE

progettato e sviluppato da



PROGETTAZIONE



PROGETTAZIONE



### REVISIONI

REV	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
	LUG2 2	RELAZIONE SPECIALISTICA SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI OPERE DI UTENZA E DI RETE PER LA CONNESSIONE		Ing. E.Verdoscia	Ing. E.Verdoscia

## Sommario

1. PREMESSA 3
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO 5
3. OPERE ELETTRICHE INERENTI L'IMPIANTO DI PRODUZIONE 6
  - 3.1. IMPIANTO EOLICO E LINEE DI DISTRIBUZIONE ELETTRICA 6
  - 3.2. VERIFICA DELLA PORTATA DELLE CONDUTTURE 7
  - 3.3. PROTEZIONE DAI CONTATTI INDIRETTI 7
  - 3.4. VALUTAZIONE DELLA RESISTENZA DI TERRA 8
  - 3.5. VERIFICA TERMICA E MECCANICA DEL DISPERSORE 8
  - 3.6. CALCOLO E VERIFICA DELLA TENSIONE TOTALE DI TERRA  $U_T$  9
4. OPERE ELETTRICHE INERENTI LA CONNESSIONE ALLA RTN 9
  - 4.1. DESCRIZIONE DELL'ELETTRODOTTO INTERRATO 9

## 1. PREMESSA

La presente proposta progettuale è finalizzata alla realizzazione di un impianto eolico per la produzione industriale di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica, costituito da:

- 9 aerogeneratori tripala (WTG) ad asse orizzontale, ciascuno di potenza nominale pari a 6 MW, per una potenza elettrica complessiva pari a 54 MW,

da realizzarsi in agro del Comune di Altamura (BA) e Santeramo in Colle (BA).

La società proponente è la SCS 10 SOCIETA' A RESPONSABILITA' LIMITATA, con sede in Via Gen. Antonelli, 3, 70043 Monopoli (BA). Gli aerogeneratori saranno collegati tra loro attraverso un cavidotto a 36kV interrato che convoglierà l'energia elettrica prodotta da ciascun aerogeneratore verso sul futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione a 380/150/36 kV della RTN denominata "Matera" nella rete di AT di proprietà della società TERNA – Rete Elettrica Nazionale SpA (TERNA).

L'impianto in scala ampia è posizionato come indicato nella seguente ortofoto.



*Fig. – Inquadramento Impianto su scala ampia*

Il Layout dell'impianto è schematicamente indicato nella precedente figura, comunque sarà meglio dettagliato nelle Tavole di Progetto.

L'aerogeneratore impiegato nel presente progetto è costituito da una torre di sostegno tubolare metallica a tronco di cono, sulla cui sommità è installata la navicella il cui asse è a 115 mt dal piano campagna con annesso il rotore di diametro pari a 170 m, per un'altezza massima complessiva del sistema torre-pale di 200 mt rispetto al suolo.

A seguito di apposita richiesta di connessione, la SCS Innovations S.r.l. ha ottenuto e successivamente accettato la Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG) Codice Pratica n. 20210271. La Soluzione Tecnica Minima Generale prevede che la Vs. centrale venga collegata in antenna a 36 kV sul futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione a 380/150/36 kV della RTN denominata "Matera"

A servizio degli aerogeneratori saranno realizzate le seguenti OPERE EDILI:

- realizzazione di viabilità di accesso all'area ed ai punti macchina,
- realizzazione delle piazzole di cantiere e definitive;
- posa dei cavidotti di impianto;
- fondazioni per gli aerogeneratori;
- sistemazione dell'area Sotto Stazione Elettrica Utente;
- fondazioni per componenti elettromeccaniche nella stessa;
- ripristini nell'area a fine cantiere.

Per lo stesso scopo saranno realizzate le seguenti OPERE ELETTRICHE:

OPERE DI UTENZA:

- posa in opera di cavi interrati a 36 kV

Il collegamento elettrico tra l'area d'installazione degli aerogeneratori e la CP Matera l'immissione in rete dell'energia elettrica prodotta dal parco eolico, per la successiva connessione alla rete di trasmissione nazionale, gestita da TERNA SpA, sarà realizzato mediante la messa in opera, all'interno del medesimo scavo a sezione ristretta, dei cavidotti (in numero variabile in funzione della tratta considerata) a 36 kV afferenti a sotto-campi in cui è stato elettricamente suddiviso l'impianto.

OPERE DI RETE:

- posa in opera di cavo AT 36 kV per il trasporto dell'energia elettrica allo stallo dedicato della stazione TERNA Spa.

Si rimanda agli elaborati grafici di riferimento per la visualizzazione del tracciato di posa in opera dei cavidotti interrati e la posizione geografica delle sopra citate stazioni elettriche.

Si rimanda alle Tavole ed alle Relazioni Progettuali, agli Elaborati Grafici di riferimento per:

- la visualizzazione del tracciato di posa in opera dei cavidotti interrati;
- la posizione geografica delle sopra citate stazioni elettriche;
- i particolari e le descrizioni tecniche delle singole componenti elettriche.

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le principali norme a cui si fa riferimento sono:

- CEI 20-13: Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30 kV;
- CEI 20-24: Giunzioni e terminazioni per cavi di energia;
- CEI 20-56: Cavi da distribuzione con isolamento estruso per tensioni nominali da 3,6/6 (7,2) kV a 20,8/36 (42) kV inclusi;
- CEI 20-66: Cavi energia con isolamento estruso e loro accessori per tensioni nominali superiori a 36 kV ( $U_m = 42$  kV) fino a 150 kV ( $U_m = 170$  kV);
- CEI 11-1: Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata;
- CEI EN 61936-1 (CEI 99-2) "Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a. - Parte 1: Prescrizioni comuni";
- CEI EN 50522 (CEI 99-3) "Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.";
- CEI 11-4: Esecuzione delle linee elettriche aeree esterne;
- CEI 11-17: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo;
- CEI 11-32: Impianti di produzione di energia elettrica collegati a reti di III categoria;
- CEI 11-32: V1: Impianti di produzione eolica;
- CEI 11-35: Guida all'esecuzione delle cabine elettriche d'utente;
- CEI 17-1: Apparecchiature ad alta tensione – Interruttori a corrente alternata ad alta tensione;
- CEI 11-25: Calcolo delle correnti di corto circuito nelle reti trifasi a c.a., (IIa Ediz., Fasc. 6317, 2001-12).
- CEI 0-16: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica.

### 3. OPERE ELETTRICHE INERENTI L'IMPIANTO DI PRODUZIONE

In questa sezione vengono descritte le OPERE ELETTRICHE inerenti l'impianto di produzione (PARCO EOLICO) e relative linee di collegamento e distribuzione elettrica.

#### 3.1. IMPIANTO EOLICO E LINEE DI DISTRIBUZIONE ELETTRICA

L'IMPIANTO EOLICO avrà una potenza elettrica complessiva pari a 54,00 MW quale risultante dalla somma delle potenze elettriche dei n. 9 aerogeneratori (WTG) ad asse orizzontale verosimilmente di marca SIEMENS GAMESA modello SG170 ciascuno della potenza di 6,0 MW. Resta inteso pertanto che le valutazioni che seguono sono state condotte sulla base del dato di potenza del singolo aerogeneratore pari a 6 MW.

Le linee in media tensione che interessano il collegamento tra il quadro MT ed il trasformatore di potenza MT/AT seguiranno le modalità di posa riportate nella norma CEI 11-17, saranno costituite da 3 terne di cavi unipolari (ad elica visibile) posate ciascuna in tubo di polietilene ad alta densità, inglobati in calcestruzzo

La linea in media tensione di collegamento tra il quadro MT ed il trasformatore dei servizi ausiliari di stazione seguirà la modalità di posa riportate nella norma CEI 11-17; sarà costituita da una terna di cavi unipolari (ad elica visibile) posate su passerella porta-cavi o in cunicolo areato/chiuso all'interno dell'apposito locale utente sito nella stazione elettrica di trasformazione.

È stato prevista la divisione in 3 cluster composti rispettivamente da 4, 3 e 2 aerogeneratori ciascuno raccordati con 1 cabina di raccolta.

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

collegamenti	lunghezza linea	Ic(A)	sez. Cav (mmq)
<b>A4-A3-A2-A1</b>	3870	667	630+240
<b>A1-CAB RACCOLTA</b>	8941	667	630+240
<b>A9-A8-A5</b>	2893	500	630
<b>A5-RACC</b>	5351	500	630
<b>A7-A6</b>	1308	333	240
<b>A6-CAB RACCOLTA</b>	4225	333	240
<b>CAB RACCOLTA-SSE</b>	1300	1500	630+630+240+240

Per tale valore di corrente, si prevede l'utilizzo di un cavo in alluminio avente sezione 400 mmq, con isolamento in politene reticolato (XLPE), schermo semiconduttivo sull'isolamento, guaina in

alluminio termo saldata e rivestimento in polietilene.

### 3.2. VERIFICA DELLA PORTATA DELLE CONDUTTURE

Nella tabella che segue sono stati confrontati, per ogni singola linea, la portata della conduttura, calcolata anche tenendo conto della tipologia di posa, con la corrente di impiego della conduttura stessa. Nella tabella che segue sono stati confrontati, per ogni singola linea, la portata della conduttura, calcolata anche tenendo conto della tipologia di posa, con la corrente di impiego della conduttura stessa.

In sede di progettazione esecutiva saranno eseguiti i calcoli di dettaglio di "LOAD FLOW" e delle correnti di corto circuito.

### 3.3. PROTEZIONE DAI CONTATTI INDIRETTI

Il sistema M.T. con tensione nominale 36 kV con neutro isolato è caratterizzato da:

- valore della corrente di guasto a terra, calcolato in base alla norma CEI 11-8, pari a 60,6 A;
- durata del guasto a terra, da impostare nella programmazione delle protezioni, pari a 0.5 s.

Dai dati iniziali sopra riportati, applicando il metodo di calcolo riportato nell'Allegato A allanorma CEI EN 50522 (CEI 99-3), si ottiene:

- Tensione di contatto ammissibile  $U_{tp}=220$  V;
- Impedenza totale del corpo umano  $Z_t=1225$  ohm ;
- Limite di corrente nel corpo umano  $I_b = 267$  mA;
- Fattore cardiaco  $HF = 1$  relativo al contatto mano-piedi;
- Fattore corporeo  $BF = 0.75$  relativo al contatto mano-piedi;
- Impedenza del corpo  $Z_T = 1000$  ohm;
- Resistenza aggiuntiva della mano  $R_H = 0$  ohm (non considerata);
- Resistenza aggiuntiva dei piedi  $R_{F1} = 1000$  ohm, relativa a scarpe vecchie ed umide;
- Resistività del terreno prossimo alla superficie  $\rho_S = 100$  relativa a terreno vegetale.

Da questi dati, è possibile calcolare una Tensione di contatto ammissibile a vuoto  $U_{vTp} = 507$  V. Si precisa, comunque, che il progetto della rete di terra non può ricondursi alla semplice risoluzione di un problema matematico, a causa dei numerosi e non univocamente determinati parametri da prendere in considerazione, quali ad esempio:

- resistività del terreno non omogenea, né in direzione verticale né in direzione orizzontale;
- presenza di dispersori naturali che alterano in modo non prevedibile il campo elettrico in superficie;
- tipo di pavimentazione e sua finitura;
- umidità del terreno e condizioni ambientali durante le operazioni di verifica strumentale;
- manufatti e reti di terra altrui, nelle immediate vicinanze.

### 3.4. VALUTAZIONE DELLA RESISTENZA DI TERRA

L'impianto di dispersione di ognuno degli aerogeneratori, è costituito da un doppio anello ciascuno di forma quadrata, il primo (interno) di lato 25 metri ed il secondo (esterno) di lato 35 m, integrato da n. 8 picchetti verticali di lunghezza pari a 4 m cadauno.

Tali impianti, in condizioni normali di esercizio, saranno collegati tra loro, attraverso lo schermo dei cavi MT, pertanto tali impianti di dispersione verranno considerati in parallelo.

I valori della resistenza di terra associabili ad ognuno dei dispersori sono i seguenti:

- Resistenza dell'anello quadrato interno: 9.19  $\Omega$ ;
- Resistenza dell'anello quadrato esterno: 4.59  $\Omega$ ;
- Resistenza di ognuno dei n. 8 picchetti verticali: 42  $\Omega$  (questi, messi in parallelo determinano complessivamente una resistenza di terra pari a 5.2  $\Omega$ ;

Il contributo complessivo dei dispersori, considerati per ognuna delle turbine eoliche, permette di calcolare una resistenza di terra pari a 1.95  $\Omega$ .

Considerando che tali impianti risultano collegati in parallelo, la resistenza verso terra complessiva sarà pari a  $R_t = 1.95/17 = 0.14$  ohm.

### 3.5. VERIFICA TERMICA E MECCANICA DEL DISPERSORE

#### Sezione minima per garantire la resistenza meccanica ed alla corrosione

Il dispersore orizzontale è costituito da corda di rame nudo, per cui ai sensi dell'Allegato C alla norma CEI EN 50522 (CEI 99-3) dovrà avere una sezione minima di 25 mm<sup>2</sup>.

Per la protezione contro la corrosione è necessario utilizzare materiali tali che il loro contatto non generi coppie elettrolitiche.



### Dimensionamento termico del dispersore e dei conduttori di terra

Per effettuare il dimensionamento termico del dispersore si utilizza la formula presente nell'Allegato D alla norma CEI EN 50522 (CEI 99-3), tenendo presente che secondo quanto riportato nell'art. 5.3, è possibile ripartire la corrente di guasto tra diversi elementi del dispersore. Secondo tali calcoli per disperdere la corrente di guasto è necessaria una corda di sezione circa 2 mm<sup>2</sup>. Le sezioni utilizzate partono da 35 mm<sup>2</sup> per cui soddisfano entrambe le condizioni con sufficiente margine di sicurezza.

### 3.6.CALCOLO E VERIFICA DELLA TENSIONE TOTALE DI TERRA $U_T$

Per tale impianto, la tensione totale di terra  $U_t$  risulta pari a 8,44 V. Considerando che per tale sistema la tensione massima ammissibile è  $U_{tp} = 220$  V, il valore calcolato risulta essere inferiore, pertanto l'impianto di terra e le relative protezioni, risultano essere idonee alla protezione dai contatti indiretti delle persone, ai sensi della normativa vigente.

Resta inteso che una volta realizzato l'impianto, per valutarne l'efficacia, si rende necessaria una misura in campo eseguita da professionista abilitato.

## 4. OPERE ELETTRICHE INERENTI LA CONNESSIONE ALLA RTN

### 4.1. DESCRIZIONE DELL'ELETTRODOTTO INTERRATO

Le linee in media tensione che interessano il collegamento tra il quadro MT ed il trasformatore di potenza MT/AT seguiranno le modalità di posa riportate nella norma CEI 11-17, saranno costituite da 3 terne di cavi unipolari (ad elica visibile) posate ciascuna in tubo di polietilene ad alta densità, inglobati in calcestruzzo

La linea in media tensione di collegamento tra il quadro MT ed il trasformatore dei servizi ausiliari di stazione seguirà la modalità di posa riportate nella norma CEI 11-17; sarà costituita da una terna di cavi unipolari (ad elica visibile) posate su passerella porta-cavi o in cunicolo areato/chiuso all'interno dell'apposito locale utente sito nella stazione elettrica di trasformazione.

È stato prevista la divisione in 3 cluster composti. rispettivamente da 4, 3 e 2 aerogeneratori

ciascuno raccordati con 1 cabina di raccolta e dalla cabina di raccolta alla CP Matera.

Carmiano, 03/08/2022	Ing. Emanuele Verdoscia
	