

TITOLARE DEL DOCUMENTO:

## **AREN ELECTRIC POWER SPA**

Sede legale e amministrativa: Via Dell'Arrigoni, 308 – 47522 – Cesena (FC)  
Codice Fiscale e P. IVA 03803880404

COMUNI DI CALITRI E BISACCIA (AV)  
LOCALITA' "PIANI SAN PIETRO"

# PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI **IMPIANTO EOLICO** **"PIANI SAN PIETRO"**

REDAZIONE / PROGETTISTA:



**AREN Electric Power S.p.A.**  
Società per Azioni con Unico Socio  
Via dell'Arrigoni n. 308 - 47522 Cesena (FC)  
Ph. +39 0547 415245 - Fax +39 0547 415274  
Web: [www.aren-ep.com](http://www.aren-ep.com)

TIMBRO E FIRMA PROGETTISTA:

Ing. Samuele Ulivi Ordine degli  
Ingegneri di Forlì-Cesena – matr.  
2866

TITOLO ELABORATO:

**RELAZIONE CALCOLI PRELIMINARI IMPIANTI ELETTRICI**

CODICE ELABORATO:

**CLTDE\_GENR00600\_00**

FORMATO:

**A4**

Nr. EL.:

**/**

FASE:

**PROGETTO  
DEFINITIVO**

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
00	Prima emissione	08/06/2022	L.Ensini	S.Ulivi	S.Ulivi
01					
02					
03					
04					

<b>AREN ELECTRIC POWER Spa</b> Impianto Eolico “PIANI SAN PIETRO”	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	Codice Elaborato: <b>CLTDE_GENR00600_00</b>
		Data: <b>08/06/2022</b>
	<b>RELAZIONE CALCOLI          PRELIMINARI IMPIANTI          ELETTRICI</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>1 di 9</b>

1	Introduzione .....	2
2	Riferimenti normativi .....	2
3	Inquadramento dell'area di intervento.....	2
4	Infrastruttura elettrica dell'impianto di produzione.....	3
5	Dimensionamento cavidotti 36 kV .....	4
5.1	Dati di progetto.....	4
5.2	Dimensionamento per limite termico di portata .....	4
5.3	Dimensionamento per caduta di tensione massima .....	5
6	Dimensionamento Reattanze Shunt.....	5
6.1	Reattanze Shunt rigidamente connesse al cavo di connessione Terna-Stazione Utente .....	6
6.2	Reattanze Shunt compensazione cavi parco eolico.....	6
7	Dimensionamento impianto di terra.....	8
7.1	Dati di progetto.....	8
7.2	Dimensionamento impianto di terra Stazione Utente .....	8
7.3	Dimensionamento impianto di terra Aerogeneratore.....	9
8	Conclusioni.....	9

<b>AREN ELECTRIC POWER Spa</b> Impianto Eolico “PIANI SAN PIETRO”	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	Codice Elaborato: <b>CLTDE_GENR00600_00</b>
		Data: <b>08/06/2022</b>
	<b>RELAZIONE CALCOLI          PRELIMINARI IMPIANTI          ELETTRICI</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>2 di 9</b>

## 1 Introduzione

Il progetto oggetto della presente relazione di calcoli preliminari degli impianti elettrici consiste nella realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica mediante lo sfruttamento del vento, da ubicarsi nei Comuni di Calitri e Bisaccia (AV), proposto dalla società Aren Electric Power Spa.

L'impianto è costituito da n. 16 aerogeneratori (modello Vestas V150 diametro 150 m altezza hub 105 m) localizzati in località Piani San Pietro, di potenza unitaria 6,0 MW, per una potenza complessiva dell'impianto di 96,0 MW.

L'impianto sarà allacciato all'ampliamento della stazione Terna “Bisaccia”, tramite connessione a 36 kV.

L'intero impianto pertanto, comprese le opere di connessione, è ubicato all'interno dei Comuni di Calitri e Bisaccia.

Il presente studio preliminare è stato redatto ai sensi della normativa vigente, come meglio specificato al paragrafo successivo, e ha lo scopo di descrivere le metodologie di dimensionamento delle componenti elettriche ed i risultati.

## 2 Riferimenti normativi

Le principali norme a cui si fa riferimento sono:

- 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 11-17: 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.;
- 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 Inquadramento dell'area di intervento

Gli aerogeneratori si possono ricomprendere, dal punto di vista della posizione, in n.3 distinti gruppi:

- Gruppo aerogeneratori G6, G7, G8, G9, G10 – Il gruppo di aerogeneratori occupa la parte più a N del parco eolico, in località Piani S.Pietro, attorno all'abitato di Case Ciani, nella parte più alta del bacino del Torrente Orata. In particolare, l'aerogeneratore G10 è il più vicino all'abitato di Bisaccia nuova, circa 4.3 km a NW di esso;
- Gruppo aerogeneratori G1, G2, G3, G4, G5, G12 e G13 – Il gruppo di aerogeneratori occupa la parte centrale del parco eolico. Si trova fra le località di Contrada Specca e Fontana del Toro, ai due lati di una dorsale con andamento prevalente NS compresa fra i corsi dei torrenti Orata (a E) e Fosso dei Guappi (a W), entrambi affluenti di sinistra dell'Ofanto;

<b>AREN ELECTRIC POWER Spa</b> Impianto Eolico “PIANI SAN PIETRO”	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	Codice Elaborato: <b>CLTDE_GENR00600_00</b>
		Data: <b>08/06/2022</b>
	<b>RELAZIONE CALCOLI          PRELIMINARI IMPIANTI          ELETTRICI</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>3 di 9</b>

- Gruppo aerogeneratori G11, G14, G15 e G16 – Il gruppo di aerogeneratori occupa la parte S del parco eolico. Si trova collocato su un versante acclive, con pendenza circa S e SE, immediatamente a S della dorsale occupata dalla Strada Vicinale Boggianello, sul confine comunale fra Calitri e Bisaccia.

## 4 Infrastruttura elettrica dell’impianto di produzione

Le principali opere elettriche da realizzare per il collegamento dell’impianto eolico alla Rete di Trasmissione Nazionale sono:

- Cavidotti AT a 36 kV in entra-esce dagli aerogeneratori;
- Stazione Utente (SU);
- Cavidotto AT a 36 kV per il collegamento in Antenna della stazione utente con lo stallo 36 kV della Stazione Terna;

Relativamente ai cavidotti AT in entra esce dagli aerogeneratori, sono previsti 4 sottocampi, disposti e collegati col seguente schema e cavi:

- 1) Collegamento AT-36 kV delle G15-G14-G11-G16, costituendo il sottocampo eolico 1 da 24 MW:
  - 1.1 cavidotto di collegamento G15-G14, circa 1000 m, interrato a 1,2 m;
  - 1.2 cavidotto di collegamento G14-G16, circa 1600 m, interrato a 1,2 m;
  - 1.3 cavidotto di collegamento G11-G16, circa 1600 m, interrato a 1,2 m;
  - 1.4 cavidotto di collegamento G16-SU, circa 6100 m, interrato a 1,2 m.
- 2) Collegamento AT-36 kV delle G4-G5-G2-G3, costituendo il sottocampo eolico 2 da 24 MW:
  - 2.1 cavidotto di collegamento G4-G5, circa 2480 m, interrato a 1,2 m;
  - 2.2 cavidotto di collegamento G5-G2, circa 1110 m, interrato a 1,2 m;
  - 2.3 cavidotto di collegamento G2-G3, circa 1170 m, interrato a 1,2 m;
  - 2.4 cavidotto di collegamento G3-SU, circa 580 m, interrato a 1,2 m.
- 3) Collegamento AT-36 kV delle G13-G12-G8-G1, costituendo il sottocampo eolico 3 da 24 MW:
  - 3.1 cavidotto di collegamento G13-G12, circa 1450 m, interrato a 1,2 m;
  - 3.2 cavidotto di collegamento G12-G1, circa 1525 m, interrato a 1,2 m;
  - 3.3 cavidotto di collegamento G8-G1, circa 2045 m, interrato a 1,2 m;
  - 3.4 cavidotto di collegamento G1-SU, circa 1535 m, interrato a 1,2 m.
- 4) Collegamento AT-36 kV delle G10-G9-G7-G6, costituendo il sottocampo eolico 4 da 24 MW:
  - 4.1 cavidotto di collegamento G10-G9, circa 1000 m, interrato a 1,2 m;
  - 4.2 cavidotto di collegamento G9-G6, circa 1380 m, interrato a 1,2 m;
  - 4.3 cavidotto di collegamento G7-G6, circa 870 m, interrato a 1,2 m;
  - 4.4 cavidotto di collegamento G6-SU, circa 2360 m, interrato a 1,2 m.

Relativamente alla Stazione Utente, che sarà realizzata all’interno della particella 4 del Foglio Catastale 2 del Comune di Calitri, sarà composta da un edificio utente con:

- Locale di Controllo: dove saranno presenti quadri di controllo degli aerogeneratori, Scada Utente ed aerogeneratori, quadri ausiliari BT, centrali impianti speciali (videosorveglianza, antintrusione.);
- Locale GE: dove sarà ubicato il gruppo elettrogeno da 20 kVA – 400 V per sopperire alle eventuali mancanze di alimentazione;
- Locale AT: dove saranno installati i quadri di Alta Tensione (36 kV). Sono stati previsti quadri Schneider della serie F400 – 1250 A o equivalenti, i quali vengono prodotti anche con tensioni massime fino a 40,5 kV. Vi saranno due sistemi di quadri AT composti entrambi da due celle per l’arrivo da due sottocampi eolici, una cella misure con TV ed una cella partenza per il collegamento alla Sottostazione Terna. Vi sarà

<b>AREN ELECTRIC POWER Spa</b> Impianto Eolico “PIANI SAN PIETRO”	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	Codice Elaborato: <b>CLTDE_GENR00600_00</b>
		Data: <b>08/06/2022</b>
	<b>RELAZIONE CALCOLI          PRELIMINARI IMPIANTI          ELETTRICI</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>4 di 9</b>

installato anche il trasformatore ausiliario 36/0,4 kV-50kVA-Dyn11 per l'alimentazione di tutti i sistemi ausiliari della Stazione Utente.

Relativamente al cavidotto AT a 36 kV per il collegamento in Antenna dell'impianto di produzione con lo stallo 36 kV della Stazione Terna, esso sarà costituito:

- SU-Terna\_1: circa 13195 m, interrato a 1,2 m;
- SU-Terna\_2: circa 13195 m, interrato a 1,2 m.

## 5 Dimensionamento cavidotti 36 kV

### 5.1 Dati di progetto

Per il dimensionamento dei cavidotti per il trasporto dell'energia elettrica bisogna considerare vari dati di ingresso del progetto, elettrici ed ambientali, quali:

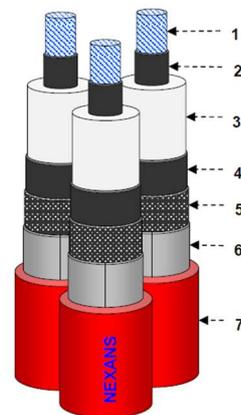
- Tensione di esercizio: 36 kV – 50 Hz;
- Sistema trifase;
- Resistività termica terreno: 1,5°Cm/W;
- Temperatura media ambiente: 25 °C;
- Altezza sul livello del mare: <1000 m.

In seconda battuta bisogna identificare la tipologia di cavo e di posa da utilizzare:

- Cavo: ARE4H5EX 20,8/36 kV o equivalenti in rame o alluminio;
- Tipologia di posa: direttamente interrata.

Il cavo ARE4H5EX dimensionato per tensioni 20,8/36 kV è quindi in grado di lavorare a tensioni nominali di 36 kV. Esso è costituito da:

1. Anima: conduttore a corda rotonda compatta in alluminio;
2. Semiconduttivo interno: elastomerico estruso;
3. Isolante: polietilene reticolato (XLPE);
4. Semiconduttivo esterno: elastomerico estruso;
5. Strato semiconduttivo acquabloccante;
6. Schermatura: nastri di alluminio;
7. Guaina: PE di colore rosso.



Il cavo è adatto a posa direttamente interrata.

### 5.2 Dimensionamento per limite termico di portata

Il primo dimensionamento dei cavi è stato effettuato sulla base del limite termico di portata degli stessi, in base alle condizioni ambientali e di posa, confrontando tali valori con la corrente nominale passante in ogni tratta di cavidotto.

Nella tabella seguente sono mostrati i valori di potenza e corrente passante per ogni tratta di cavidotto precedentemente descritta e la rispettiva scelta del cavo:

<b>AREN ELECTRIC POWER Spa</b> Impianto Eolico “PIANI SAN PIETRO”	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	Codice Elaborato: <b>CLTDE_GENR00600_00</b>
		Data: <b>08/06/2022</b>
	<b>RELAZIONE CALCOLI          PRELIMINARI IMPIANTI          ELETTRICI</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>5 di 9</b>

Tratta	Potenza passante [MW]	Corrente passante [A]	Sezione cavo [mm <sup>2</sup> ]	Portata [A]
1.1-2.1-3.1-4.1-1.3-3.3-4.3	6	96	120	244
1.2-2.2-3.2-4.2	12	192	120	244
2.3	18	288	185	308
1.4-2.4-3.4-4.4	24	384	300	402
SU-Terna_1&2	48	768	2x500	810

### 5.3 Dimensionamento per caduta di tensione massima

Le sezioni di cavo precedentemente determinate non vanno però a considerare le cadute di tensione e le perdite che si potrebbero generare lungo i vari tratti di cavidotto.

Di norma, quando le tratte di cavi diventano importanti (nell'ordine di chilometri per cavi a tali valori di tensione), si vanno quindi a dimensionare le varie tratte non solo considerando la portata al limite termico dei cavi, ma anche che la caduta di tensione nei tratti di cavo ed a fondo cavidotto sia inferiore ad un certo valore percentuale; normalmente si considera sufficiente che la caduta di tensione sia inferiore al 4%, ma, considerando il fatto che l'impianto in considerazione è un impianto di produzione e perdite significherebbero anche mancata produzione, si vuole che la caduta di tensione a fine di ogni sottocampo, partendo dalla Stazione Utente per il calcolo, sia nell'ordine di massimo il 2%. Per i tratti di linea tra la Stazione Terna e la Stazione Utente si considera anche qui, per tale tratto, una caduta di tensione massima pari al 2%.

Caduta di tensione percentuale calcolata come:

$$\Delta V\% = \frac{\sqrt{3}I(R\cos\varphi + X\sin\varphi)}{Vn} * 100$$

Dove si è posto  $\cos\varphi=1$ .

Per tale dimensionamento si è utilizzato il programma di progettazione elettrica “Ampere professional” di Electro Graphics srl, il quale va a calcolare le cadute di tensione alla temperatura di esercizio, quindi dovuta alla temperatura ambiente ed alla corrente che nominalmente attraversa i cavi. Ne derivano quindi i seguenti risultati:

Tratta	Sezione cavo [mm <sup>2</sup> ]
1.1-2.1-3.1-4.1-1.3-3.3-4.3-4.2	120
1.2-2.2-3.2	150
2.3	185
1.4-2.4-3.4-4.4	400
SU-Terna_1&2	2x500

## 6 Dimensionamento Reattanze Shunt

I cavi di collegamento tra la stazione Terna e la Stazione Utente e di collegamento in entra-esce tra gli aerogeneratori e la Stazione Utente possono essere considerati come capacità elettriche. Tali capacità contribuiscono alla

<b>AREN ELECTRIC POWER Spa</b> Impianto Eolico “PIANI SAN PIETRO”	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	Codice Elaborato: <b>CLTDE_GENR00600_00</b>
		Data: <b>08/06/2022</b>
	<b>RELAZIONE CALCOLI          PRELIMINARI IMPIANTI          ELETTRICI</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>6 di 9</b>

generazione di potenza reattiva e forniscono un contributo alla corrente di guasto monofase a terra di tutta la rete a 36 kV (anche degli altri impianti).

Per tali motivi, nell'Allegato A.17 del Codice di Rete vengono prescritti i limiti per tali contributi e le metodologie per diminuirli in caso di superamento.

## 6.1 Reattanze Shunt rigidamente connesse al cavo di connessione Terna-Stazione Utente

La prima prescrizione descritta nel Codice di Rete è che il contributo alle correnti di guasto monofase a terra della capacità dovuta al cavo di collegamento tra la Stazione Terna e la Stazione Utente non sia maggiore di 50 A capacitivi.

Alla tensione nominale di 36 kV ne deriva che la capacità massima dei cavi di collegamento è pari a 4,4 µF.

Come da precedenti calcoli di dimensionamento, le linee di collegamento delle due sezioni di campo saranno composte da 2 terne da 500 mm<sup>2</sup> ciascuna e di lunghezza pari a 13 km.

Da datasheet del cavo ARE4H5EX 20,8/36 kV, la capacità per unità di lunghezza è pari a 0,328 µF/km.

Ne deriva che la capacità totale delle 2 terne di collegamento risulta essere pari a 8,5 µF.

Per tale motivo si rende necessaria l'installazione di 2 reattanze shunt (una per sezione di impianto) da collegare rigidamente ai cavi di arrivo, di valore commisurato alle capacità delle linee, gestite con neutro isolato da terra per evitare sovrapposizioni con la sovrapposizione omopolare della bobina di Petersen presente nella stazione Terna.

Per il dimensionamento di tale reattanza si deve considerare che l'impedenza data dal parallelo tra l'induttanza della reattanza shunt e la capacità del cavo deve essere infinita e quindi si deve instaurare una risonanza parallelo tra le due. Si ha quindi che:

$$j\omega L = j \frac{1}{3\omega C}$$

Ne deriva che l'induttanza della reattanza shunt deve essere pari a 396 mH.

Tali reattanze saranno installate all'interno della recinzione della Stazione Utente, come poi mostrato dalla Planimetria di dettaglio allegata.

## 6.2 Reattanze Shunt compensazione cavi parco eolico

La seconda prescrizione descritta nel Codice di Rete è che a potenza attiva prodotta dagli aerogeneratori pari a 0, ed in assenza di regolazione di tensione, l'impianto dovrà essere progettato in modo che siano minimizzati gli scambi di potenza reattiva, fino ad un limite massimo di 0,5 MVar. Nel caso in cui tale livello di potenza reattiva sia superato, dovrà essere prevista un sistema di compensazione costituito da reattanze shunt in modo da garantire un grado di compensazione la punto di connessione compreso fra il 110% ed il 120% della massima potenza reattiva prodotta a Vn. Reattanze shunt che saranno esercite con neutro isolato per evitare sovrapposizioni con la compensazione omopolare della Bobina di Petersen della Stazione di Terna.

La potenza reattiva prodotta dai cavi del parco eolico può essere calcolata come:

$$Q_C = 3\omega C E^2 = \omega C V^2 [MVar]$$

Dove:

- $\omega$ : è la pulsazione;
- C: capacità totale dei cavi 36 kV interni al parco eolico;

<b>AREN ELECTRIC POWER Spa</b> Impianto Eolico “PIANI SAN PIETRO”	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	Codice Elaborato: <b>CLTDE_GENR00600_00</b>
		Data: <b>08/06/2022</b>
	<b>RELAZIONE CALCOLI          PRELIMINARI IMPIANTI          ELETTRICI</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>7 di 9</b>

- E: tensione di fase;
- V: tensione concatenata (36 kV);

Tale calcolo deve essere effettuato separatamente per le 2 sezioni del campo eolico.

I valori di capacità per unità di lunghezza dei cavi utilizzati sono i seguenti:

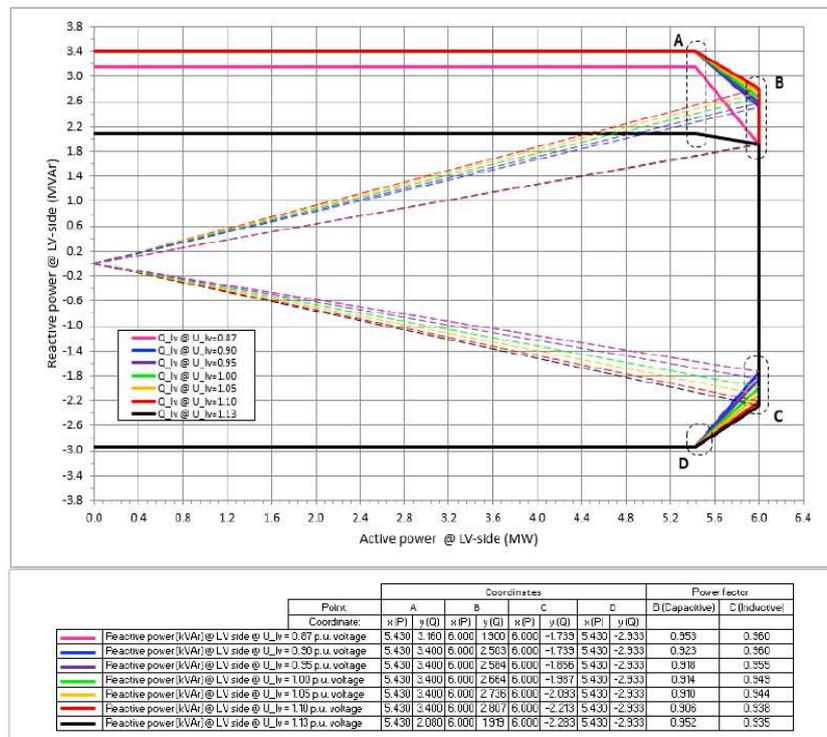
Cavo [mm <sup>2</sup> ]	C' [μF/km]
120	0,185
150	0,201
185	0,221
300	0,283
400	0,308

Ne deriva che per la sezione 1 di impianto, composta dai primi due sottocampi sopra descritti, la potenza reattiva generata dai cavi è pari a 1,53 MVar.

Per la sezione 2 di impianto invece, composta dai primi due sottocampi sopra descritti, la potenza reattiva generata dai cavi è pari a 1,12 MVar

Tali valori di potenza reattiva renderebbe necessaria l'installazione quindi di due reattanze shunt di potenza reattiva commisurata (110-120% Qc).

Grazie però alla Capability degli aerogeneratori (**Figura 1**) di poter assorbire potenza reattiva (induttiva e quindi di segno opposto a quella generata dai cavi) anche a P=0, le reattanze shunt non si rendono necessarie in quanto la compensazione della potenza reattiva generata dai cavi verrà effettuata dagli stessi aerogeneratori tramite controllo in retroazione della potenza reattiva al punto di connessione.



**Figura 1** – Capability aerogeneratori Vestas V150-6MW

<b>AREN ELECTRIC POWER Spa</b> Impianto Eolico “PIANI SAN PIETRO”	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	Codice Elaborato: <b>CLTDE_GENR00600_00</b>
		Data: <b>08/06/2022</b>
	<b>RELAZIONE CALCOLI          PRELIMINARI IMPIANTI          ELETTRICI</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>8 di 9</b>

## 7 Dimensionamento impianto di terra

### 7.1 Dati di progetto

La Stazione Utente e gli aerogeneratori sono tutti in aeree in cui è presente terreno vegetale/argilloso, per cui si va a considerare una resistività del terreno media di 75  $\Omega$ m.

Dall'Allegato A.17 del 2022 del Codice di Rete di Terna si hanno poi le seguenti informazioni per lo standard 36 kV:

- Corrente di guasto monofase a terra garantita: 150 A resistivi;
- Tempo eliminazione guasto monofase a terra: 0,5 s;

Per tale durata del guasto la tensione di contatto ammissibile, secondo CEI 99-3, è pari a  $U_{TP} = 220V$ .

Ne deriva quindi che la resistenza massima dell'impianto di terra potrà assumere il valore:

$$R_E = \frac{U_{TP}}{I_F} = 1,47 \Omega$$

Considerare la resistenza totale di terra è cautelativo in quanto, essendo sicuramente  $U_E < U_{TP}$ , ottenere resistenze di terra con valori inferiori a quelli calcolati, porta ad un maggior margine di sicurezza.

### 7.2 Dimensionamento impianto di terra Stazione Utente

Si ipotizza quindi di realizzare il seguente dispersore di terra della Stazione Utente:

- Anello perimetrale esterno rettangolare, di corda in rame di sezione minima pari a 50 mm<sup>2</sup>, di lati pari a 33 m e 8,5 m posato ad una profondità di 70 cm;
- 6 picchetti perimetrali di lunghezza pari 3 m;

I valori della resistenza di ciascun elemento saranno pari a:

- Anello esterno: 1,83  $\Omega$ ;
- Singolo picchetto: 25  $\Omega$ , i quali messi in parallelo determinano una resistenza pari a 4,17  $\Omega$ ;

Ne deriva quindi una resistenza di terra pari a: 1,27  $\Omega$ .

Divenendo necessaria l'installazione di reattanze shunt per la compensazione dei cavi di collegamento tra la Stazione Terna e la Stazione Utente, si rende quindi necessaria la realizzazione di un anello di terra lungo il perimetro di posizionamento delle 2 reattanze, collegato poi elettricamente al primo anello realizzato intorno all'Edificio Utente.

Si ipotizza quindi di realizzare il seguente dispersore di terra per le Reattanze Shunt:

- Anello perimetrale esterno rettangolare, di corda in rame di sezione minima pari a 50 mm<sup>2</sup>, di lati pari a 13,5 m e 5 m posato ad una profondità di 70 cm;
- 4 picchetti perimetrali di lunghezza pari 3 m;

I valori della resistenza di ciascun elemento saranno pari a:

- Anello esterno: 4,17  $\Omega$ ;
- Singolo picchetto: 25  $\Omega$ , i quali messi in parallelo determinano una resistenza pari a 6,25  $\Omega$ ;

Ne deriva quindi una resistenza di terra pari a: 2,50  $\Omega$ .

<b>AREN ELECTRIC POWER Spa</b> Impianto Eolico “PIANI SAN PIETRO”	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	Codice Elaborato: <b>CLTDE_GENR00600_00</b>
		Data: <b>08/06/2022</b>
	<b>RELAZIONE CALCOLI          PRELIMINARI IMPIANTI          ELETTRICI</b>	Revisione: <b>00</b>
		Pagina: <b>9 di 9</b>

Gli anelli esterni all'edificio utente ed alle reattanze shunt sono poi collegati elettricamente, sempre con corda in rame di sezione minima pari a 50 mm<sup>2</sup>, rendendo di fatto i due sistemi di dispersione in parallelo.

Ne deriva quindi una resistenza di terra pari 0,84 Ω, valore inferiore al limite massimo di 1,47 Ω necessario per ottenere una tensione di contatto minore di quella ammissibile per condizioni al contorno definite dal CdR.

### 7.3 Dimensionamento impianto di terra Aerogeneratore

Per l'impianto di terra dell'aerogeneratore si va a considerare il fatto che il tempo di eliminazione del guasto a terra, sarà invece pari a 0,3 s in quanto esso è il tempo di taratura di intervento delle protezioni delle linee di partenza per i sottocampi eolici (sempre secondo Allegato A.17 del Codice di Rete).

Per tale durata del guasto la tensione di contatto ammissibile, secondo CEI 99-3, è pari a  $U_{TP} = 400V$ .

Ne deriva quindi che la resistenza massima dell'impianto di terra potrà assumere il valore:

$$R_E = \frac{U_{TP}}{I_F} = 2,67 \Omega$$

Si ipotizza quindi di realizzare il seguente dispersore di terra del singolo aerogeneratore:

- Anello circolare esterno alla fondazione, di corda in rame di sezione minima pari a 50 mm<sup>2</sup>, di raggio pari a 15 m e profondità di posa pari a 3 m;

Ne deriva quindi una resistenza di terra pari 1,69 Ω, valore inferiore al limite massimo di 2,67 Ω necessario per ottenere una tensione di contatto minore di quella ammissibile per condizioni al contorno definite dal CdR.

## 8 Conclusioni

Tutti i cavi sono stati dimensionati valutando la potenza nominale di ciascun aerogeneratore, anche se accade solo raramente che l'aerogeneratore funzioni a potenza nominale. Tale criterio è stato adottato come motivo precauzionale: infatti in caso si dovesse verificare tale situazione, non si avranno né problemi di sovraccarico sui conduttori che comporterebbero quindi una diminuzione della vita utile del cavo, né cadute di tensione e perdite eccessive.

In fase esecutiva saranno inoltre scelte le tipologie di reattanze shunt atte ad adempiere agli scopi indicati negli allegati del Codice di Rete e sopra descritti.

Per quanto riguarda il progetto dell'impianto di terra, esso sarà eseguito nuovamente in fase di progettazione esecutiva in quanto non ci si può basare su semplici risoluzioni matematiche, ma servono campagne di misurazione puntuale della resistività del terreno per verificarne il valore esatto. Infine, dopo la sua realizzazione, saranno effettuate le dovute verifiche di resistenza di terra.