



# REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

## CITTA' METROPOLITANA DI CAGLIARI E PROVINCIA DEL MEDIO CAMPIDANO



COMUNE DI SELEGAS



COMUNE DI SANLURI



COMUNE DI FURTEI



COMUNE DI SEGARIU



COMUNE DI GUASILA



COMUNE DI GUAMAGGIORE



# PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DEL PARCO EOLICO "TREXENTA"

Potenza complessiva 43.4 MW

## PROGETTO DEFINITIVO DELL'IMPIANTO, DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI

PE-R.3

*RELAZIONE TECNICA DIMENSIONAMENTO LINEE  
ELETTRICHE 30kV E 150kV - AREA PRODUTTORE*

COMMITTENTE

**GREEN  
ENERGY  
SARDEGNA 2**  
S.r.l.  
**Piazza del Grano 3  
39100 Bolzano, Italia**

GRUPPO DI LAVORO

Progettazione e coordinamento:  
I.A.T. Consulenza e progetti S.r.l.  
Dott. Ing. Giuseppe Frongia



Gruppo di progettazione:  
Ing. Giuseppe Frongia  
Ing. Marianna Barbarino  
Ing. Enrica Batzella  
Dott. Andrea Cappai  
Ing. Gianfranco Corda  
Ing. Antonio Dedoni  
Ing. Marco Frau  
Ing. Gianluca Melis  
Ing. Andrea Onnis  
Ing. Elisa Roych

Consulenze specialistiche:  
Ing. Antonio Dedoni (Acustica)  
Dott. Geol. Maria Francesca Lobina (Geologia e geotecnica)  
Agr. Dott. Nat. Nicola Manis (Pedologia)  
Dott. Maurizio Medda (Fauna)  
Dott. Geol. Mauro Pompei (Geologia e geotecnica)  
Agr. Dott. Nat. Fabio Schirru (Flora e vegetazione)  
Dott.ssa Ottaviana Soddu (Archeologia)  
Dott. Matteo Tatti (Archeologia)

SCALA:

FIRME



Rev.	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato	Data
00	Prima emissione				Gennaio 2022

<b>COMMITTENTE</b> Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)		<b>OGGETTO</b> PARCO EOLICO "TREXENTA" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> PE-R.3
 www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> RELAZIONE TECNICA DIMENSIONAMENTO LINEE ELETTRICHE 30kV E 150kV - AREA PRODUTTORE	<b>PAGINA</b> 2 di 17	

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>LEGGI, NORME E REGOLAMENTI .....</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>CARATTERISTICHE INFRASTRUTTURE ELETTROMECCANICHE .....</b>	<b>8</b>
<b>3.1</b>	<b>Aerogeneratori .....</b>	<b>8</b>
3.1.1	<i>Sistema elettrico dell'aerogeneratore .....</i>	8
3.1.2	<i>Convertitore .....</i>	8
3.1.3	<i>Generatore .....</i>	8
3.1.4	<i>Trasformatore elevatore di macchina .....</i>	9
<b>3.2</b>	<b>Quadro elettrico collettore di impianto.....</b>	<b>10</b>
<b>3.3</b>	<b>Sottostazione Utente .....</b>	<b>10</b>
<b>3.4</b>	<b>Trasformatore elevatore di centrale .....</b>	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>CALCOLI DI DIMENSIONAMENTO CAVIDOTTI.....</b>	<b>12</b>
<b>4.1</b>	<b>Criteri di progetto per la connessione dei nuovi aerogeneratori.....</b>	<b>12</b>
<b>4.2</b>	<b>Verifica portate in regime permanente .....</b>	<b>12</b>
<b>4.3</b>	<b>Cavi per la distribuzione elettrica a 30 kV .....</b>	<b>12</b>
<b>4.4</b>	<b>Verifica delle portate.....</b>	<b>13</b>
<b>4.5</b>	<b>Verifica cadute di tensione.....</b>	<b>14</b>
<b>4.6</b>	<b>Verifica termica alle correnti di corto circuito.....</b>	<b>14</b>
<b>4.7</b>	<b>Protezione dei circuiti a 30 kV.....</b>	<b>15</b>
<b>4.8</b>	<b>Protezione dei circuiti BT .....</b>	<b>16</b>
4.8.1	<i>Protezione contro i sovraccarichi.....</i>	16
4.8.2	<i>Protezione contro i cortocircuiti .....</i>	16
<b>4.9</b>	<b>Contributo alle correnti di corto circuito al PCC .....</b>	<b>17</b>

<b>COMMITTENTE</b> Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)		<b>OGGETTO</b> PARCO EOLICO "TREXENTA" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b>  PE-R.3
 www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> RELAZIONE TECNICA DIMENSIONAMENTO LINEE ELETTRICHE 30kV E 150kV - AREA PRODUTTORE	<b>PAGINA</b>  3 di 17	

## 1 PREMESSA

La presente relazione tecnica, facente parte integrante del progetto definitivo del Parco eolico denominato "Trexenta" in agro di Selegas descrive le caratteristiche delle infrastrutture elettriche per il collegamento degli aerogeneratori alla nuova stazione di utenza a Sanluri (CA) ai fini del successivo collegamento alla RTN.

Il progetto prevede l'installazione di n. 7 turbine di ultima generazione, aventi potenza nominale indicativa di 6.2 MW ciascuna, per una potenza complessiva da installare di 43,4 MW, in accordo con le indicazioni del Gestore della Rete di Trasmissione Nazionale (Terna), comunicate con preventivo per la connessione Codice pratica 202000690).

I nuovi aerogeneratori previsti, tutti in territorio di Selegas, saranno elettricamente interconnessi e raggruppati in 3 sottocampi con cavi 30 kV per il successivo collegamento diretto alla stazione di utenza. Detta stazione elettrica (30/150 kV) convoglierà poi l'energia prodotta dagli aerogeneratori, tramite 1 nuovo trasformatore da 50 MVA, alla stazione elettrica RTN 150 kV in territorio di Sanluri.

Nel seguito saranno illustrati i criteri di progetto e fornite le prescrizioni tecniche per la realizzazione delle nuove infrastrutture elettriche dell'impianto eolico.

**Si specifica che il valore di tensione di esercizio 30 kV riportato negli elaborati è puramente indicativo: la società proponente si riserva la possibilità di aumentare tale livello di tensione fino ad un massimo di 36 kV, in funzione di aspetti successivi inerenti eventuali opportunità legate alla connessione.**

<b>COMMITTENTE</b> Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)	<b>GREEN ENERGY SARDEGNA 2</b> S.r.l.	<b>OGGETTO</b> PARCO EOLICO "TREXENTA" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> PE-R.3
 <b>iat</b> CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> RELAZIONE TECNICA DIMENSIONAMENTO LINEE ELETTRICHE 30kV E 150kV - AREA PRODUTTORE	<b>PAGINA</b> 4 di 17	

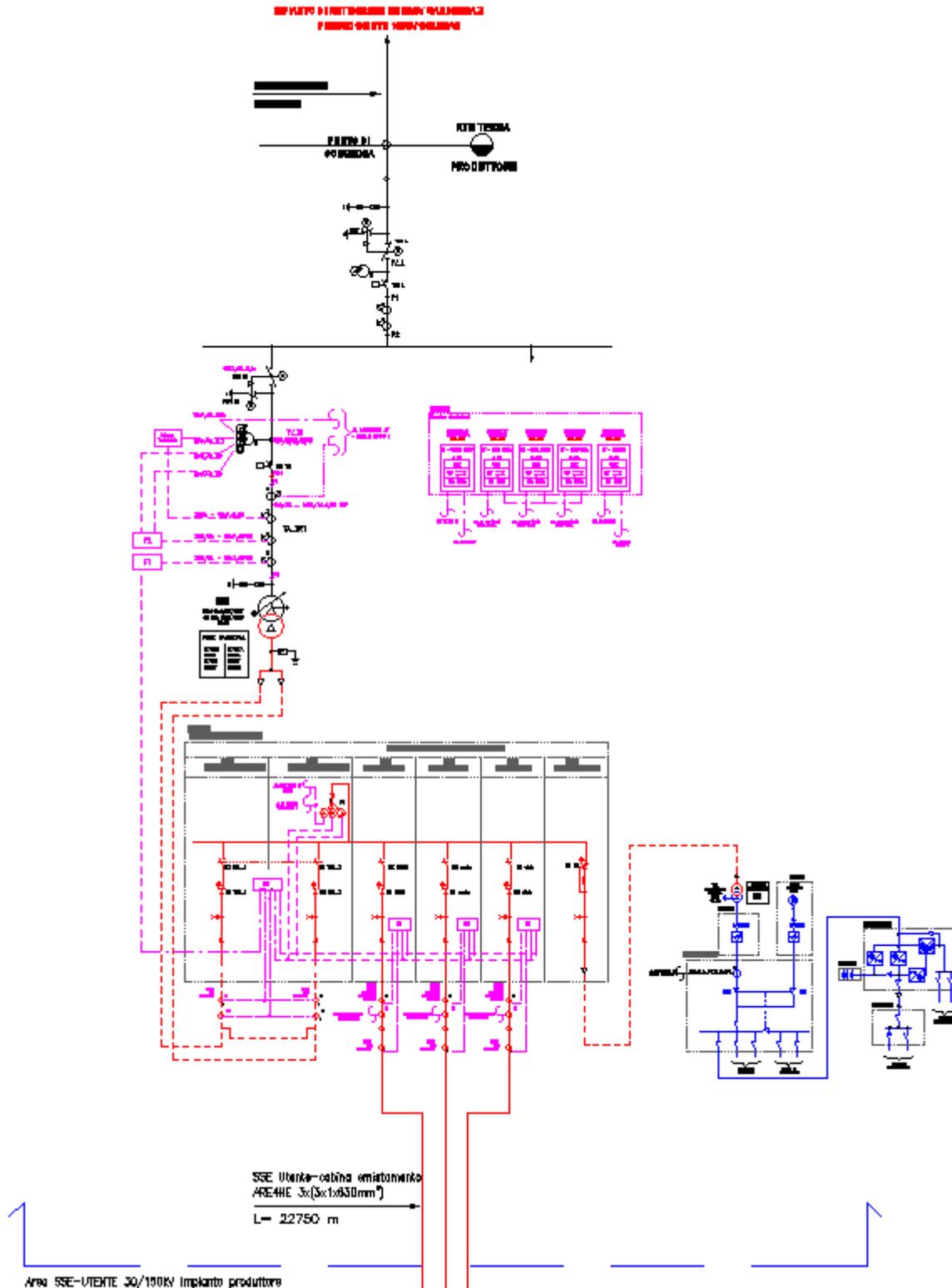


Figura 1.1 – Parco eolico – Schema unifilare Area SSE – Utente

<b>COMMITTENTE</b> Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)		<b>OGGETTO</b> PARCO EOLICO "TREXENTA" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> PE-R.3
 www.iatprogetti.it		<b>TITOLO</b> RELAZIONE TECNICA DIMENSIONAMENTO LINEE ELETTRICHE 30kV E 150kV - AREA PRODUTTORE	<b>PAGINA</b> 5 di 17

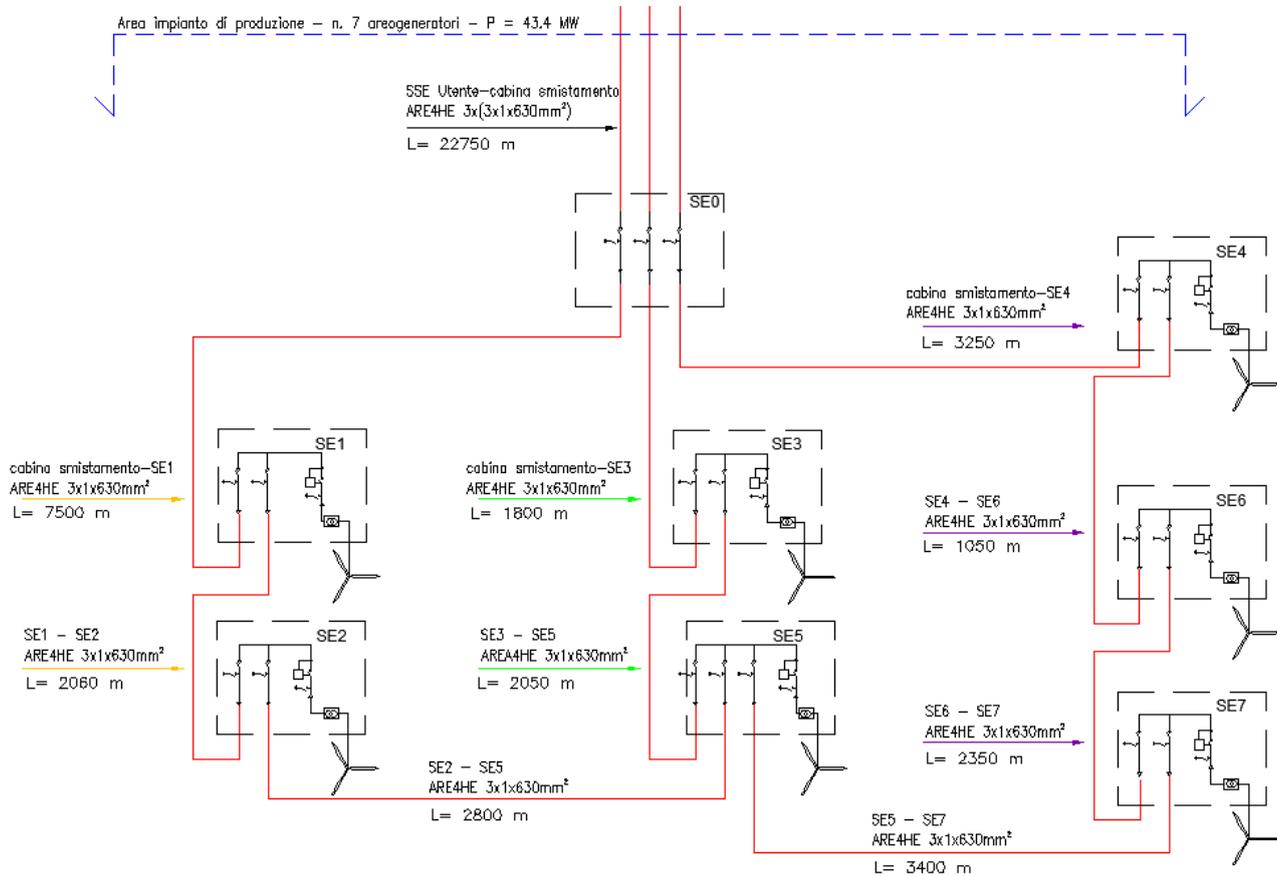


Figura 1.2 - Parco eolico – Schema unifilare Area Impianto di produzione

Nel seguito saranno definite le caratteristiche dell'impianto eolico e dei circuiti di distribuzione in c.a. in media tensione e alta tensione.

I criteri progettuali seguiti, illustrati nella presente relazione, sono principalmente quelli di pervenire ad una configurazione impiantistica tale da garantire il corretto funzionamento dell'impianto eolico nelle diverse condizioni operative.

Dal punto di vista del dimensionamento degli impianti il documento è redatto in conformità alla Norma CEI 0-2 con lo scopo di:

- determinare i parametri elettrici fondamentali di funzionamento dell'impianto, sia in condizioni normali che in condizione di guasto;
- determinare i parametri elettrici di riferimento per l'acquisizione dei principali componenti di impianto, determinando i criteri generali di scelta delle soluzioni impiantistiche adottate;
- definire i criteri e le soluzioni impiantistiche ai fini della sicurezza delle persone nei confronti dei contatti diretti e indiretti.

<b>COMMITTENTE</b> Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)	 <b>GREEN ENERGY SARDEGNA 2</b> S.r.l.	<b>OGGETTO</b> PARCO EOLICO "TREXENTA" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b>  PE-R.3
 <b>iat</b> CONSULENZA E PROGETTI  www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> RELAZIONE TECNICA DIMENSIONAMENTO LINEE ELETTRICHE 30kV E 150kV - AREA PRODUTTORE	<b>PAGINA</b>  6 di 17	

Le condizioni ambientali di riferimento nei calcoli effettuati nella presente relazione sono:

- temperatura interna da – 5°C a + 40°C,
- temperatura esterna da – 10°C a + 70°C,
- umidità interna variabile dal 20 % al 85 %.

<b>COMMITTENTE</b> Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)		<b>OGGETTO</b> PARCO EOLICO "TREXENTA" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> PE-R.3
 www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> RELAZIONE TECNICA DIMENSIONAMENTO LINEE ELETTRICHE 30kV E 150kV - AREA PRODUTTORE	<b>PAGINA</b> 7 di 17	

## 2 LEGGI, NORME E REGOLAMENTI

L'impianto dovrà essere realizzato "a regola d'arte", sia per quanto riguarda le caratteristiche di componenti e materiali sia per quel che concerne l'installazione. A tal fine dovranno essere rispettate norme, prescrizioni e regolamentazioni emanate dagli organismi competenti in relazione alle diverse parti dell'impianto stesso, alcune delle quali richiamate nella presente relazione.

Le principali leggi, norme e regolamenti cui il presente progetto si uniforma sono nel seguito richiamate.

### Norme tecniche

- CEI 0-16: Regola tecnica di riferimento per la connessione di utenti attivi e passivi alle reti AT e MT.
- EN 61936-1 (CEI 99-2): Impianti elettrici a tensione > 1 kV c.a..
- CEI EN 50522 -2: 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 MT.
- CEI 64-8 - Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua.

### Riferimenti legislativi

- D.M. 06.07.2012. Incentivi alla produzione di energia elettrica da impianti a fonti rinnovabili diversi dai fotovoltaici.
- L.R. N°43/89 del 20 Giugno 1989 "Norme in materia di opere concernenti linee ed impianti elettrici".
- Decreto 22 Gennaio 2008, n. 37 – (sostituisce Legge 46/90) – Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici. (G.U. n. 61 del 12-3-2008).
- Decreto Legislativo 09/04/2008 n. 81 - Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro (Suppl. Ordinario n.108) – (sostituisce e abroga tra gli altri D. Lgs. 494/96, D.Lgs. n. 626/94, D.P.R. n. 547/55).

<b>COMMITTENTE</b> Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)		<b>OGGETTO</b> PARCO EOLICO "TREXENTA" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> PE-R.3
 www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> RELAZIONE TECNICA DIMENSIONAMENTO LINEE ELETTRICHE 30kV E 150kV - AREA PRODUTTORE	<b>PAGINA</b> 8 di 17	

### 3 CARATTERISTICHE INFRASTRUTTURE ELETTROMECCANICHE

#### 3.1 Aerogeneratori

##### 3.1.1 Sistema elettrico dell'aerogeneratore

Il sistema elettrico dell'aerogeneratore è costituito dai seguenti elementi:

- generatore asincrono a doppia alimentazione;
- convertitore per l'alimentazione dei circuiti del generatore 720V, 7200 kVA;
- trasformatore elevatore BT/MT – 0.69/30kV, 6200kW;
- quadro elettrico a MT con dispositivi di sezionamento e protezione;
- quadro elettrico BT per servizi ausiliari di torre.

##### 3.1.2 Convertitore

Il convertitore è del tipo "back-to-back" e consente di controllare la potenza e la frequenza della potenza generata e immessa in rete al variare della velocità di rotazione delle pale. Il convertitore consente altresì di regolare la potenza reattiva al fine di soddisfare eventuali servizi richiesti dal gestore della rete.

##### 3.1.3 Generatore

Il generatore è del tipo asincrono a doppia alimentazione.

Il generatore asincrono a doppia alimentazione, conosciuto anche con l'acronimo di DFIG (Doubly-Fed Induction Generator), è essenzialmente una macchina asincrona con rotore avvolto che viene allacciata alla rete sia con lo statore che con il rotore. Lo statore può essere connesso direttamente alla rete di alimentazione mentre il rotore necessita di un convertitore di frequenza per la connessione.

I generatori possono essere predisposti a fornire "Servizi di Rete", infatti, a seguito della recente pubblicazione della Norma CEI 0-16, alle nuove installazioni sul territorio italiano potranno essere richiesti servizi che già sono richiesti in altri Paesi europei (Danimarca, Germania e Spagna per primi), come:

- Possibilità di riduzione della potenza immessa in rete;
- Insensibilità agli abbassamenti di tensione (*low voltage ride through*);
- Regolazione della potenza attiva (regolazione primaria di frequenza);
- Regolazione della potenza reattiva (regolazione primaria di tensione);

<b>COMMITTENTE</b> Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)		<b>OGGETTO</b> PARCO EOLICO "TREXENTA" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> PE-R.3
 www.iatprogetti.it		<b>TITOLO</b> RELAZIONE TECNICA DIMENSIONAMENTO LINEE ELETTRICHE 30kV E 150kV - AREA PRODUTTORE	<b>PAGINA</b> 9 di 17

- Inserimento graduale della potenza immessa in rete.

Il secondo punto risulta particolarmente critico per le turbine a velocità variabile, le quali sono sempre equipaggiate con convertitori elettronici, che risultano particolarmente sensibili alle sovratensioni e sovracorrenti indotte durante i guasti e che perciò devono essere opportunamente salvaguardati attraverso l'impiego di dispositivi (barra di blocco o *crow-bar*) che garantiscano la continuità di servizio della macchina.

Il soddisfacimento di questi requisiti porta notevole giovamento alla sicurezza e alla qualità del sistema elettrico dove l'impianto sarà connesso; d'altro canto, la necessità di ridurre la potenza prodotta, a causa della partecipazione alla regolazione primaria di frequenza, potrebbe ripercuotersi sulla producibilità dell'impianto.

La costruzione del generatore è specificatamente progettata per un'alta efficienza in ogni condizione di carico.

Durante il suo funzionamento il generatore è mantenuto alla temperatura ottimale di funzionamento attraverso un sistema di raffreddamento a vuoto pressurizzato. Il generatore è dotato di un sistema separato di ventilazione controllata a termostato che, garantendo un efficace raffreddamento, gli permette di funzionare a temperature ben al di sotto del normale livello previsto dalla classe di isolamento standard, favorendo in tal modo l'allungamento della vita attesa per l'isolamento degli avvolgimenti.

Di seguito se ne riassume le caratteristiche tecniche principali:

- potenza nominale: 6200 kW;
- Tensione nominale: 690 V;
- Fattore di potenza: 0,90<sub>CAP</sub> - 0,90<sub>IND</sub> ai carichi parziali e a pieno carico;
- Velocità di rotazione nominale: 1120 rpm.

#### 3.1.4 Trasformatore elevatore di macchina

Il trasformatore elevatore di macchina ha la funzione di modificare la tensione dal valore di 690V al valore di 30kV scelto per la rete di distribuzione e immissione dell'energia prodotta in rete attraverso la nuova sezione 30kV/150kV della stazione utente.

Il trasformatore sarà del tipo in resina a secco isolato con materiali autoestinguenti e con le seguenti caratteristiche principali:

- Potenza nominale  $A_n$ : 6200 kVA;
- Rapporto di trasformazione: 33/0,690 kV;
- Gruppo Vettoriale: Dyn11;

<b>COMMITTENTE</b> Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)		<b>OGGETTO</b> PARCO EOLICO "TREXENTA" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> PE-R.3
 www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> RELAZIONE TECNICA DIMENSIONAMENTO LINEE ELETTRICHE 30kV E 150kV - AREA PRODUTTORE	<b>PAGINA</b> 10 di 17	

- Frequenza: 50 Hz;
- Tensione di Cto.Cto - Vcc: 10,6%;

### 3.2 Quadro elettrico collettore di impianto

Ciascun aerogeneratore sarà connesso alla rete di distribuzione interna mediante un quadro elettrico a 30kV.

Le caratteristiche tecniche dei quadri sono le seguenti:

- Tensione nominale/esercizio: 30 kV;
- Tensione massima: 36 kV;
- Frequenza nominale: 50 Hz;
- N° fasi: 3;
- Corrente nominale delle sbarre principali: 630 A;
- Corrente nominale ammissibile di breve durata: 12,5 A;
- Corrente nominale di picco: 31,5 kA;
- Potere di interruzione degli interruttori alla tensione nominale: 12,5 kA;
- Durata nominale del corto circuito: 1s.

Ciascun quadro MT e le apparecchiature posizionate al suo interno dovranno essere progettati, costruiti e collaudati in conformità alle Norme CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano), IEC (*International Electrotechnical Commission*) in vigore.

### 3.3 Sottostazione Utente

Le principali caratteristiche delle apparecchiature e dei componenti di stazione AT (da confermare in fase di ingegneria esecutiva) sono le seguenti:

- Tensione massima sezione: 170 kV;
- Frequenza nominale: 50 Hz;
- Potere di interruzione interruttori: 31.5 kA;
- Corrente di breve durata: 31.5 kA;
- Condizioni ambientali limite: -25/+40°C;
- Salinità di tenuta superficiale degli isolamenti: 56 g/l.

Le principali distanze sono le seguenti

- Distanza tra le fasi per le sbarre, le apparecchiature e i conduttori: 2,20m;
- Altezza dei conduttori di stallo (asse morsetti sezionatori di sbarra): 4,50m.

<b>COMMITTENTE</b> Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)		<b>OGGETTO</b> PARCO EOLICO "TREXENTA" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b>  PE-R.3
 www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> RELAZIONE TECNICA DIMENSIONAMENTO LINEE ELETTRICHE 30kV E 150kV - AREA PRODUTTORE	<b>PAGINA</b>  11 di 17	

Gli impianti devono essere progettati, costruiti ed installati in modo da sopportare in sicurezza le sollecitazioni meccaniche e termiche derivanti da correnti di corto circuito in conformità alla Norma CEI 99-2.

La durata nominale di corto circuito trifase prevista è di 1 s.

I componenti ed il macchinario AT saranno dimensionati per una corrente di cto-cto di 31,5 kA.

Le correnti termiche dello stallo linea dovranno essere di 1250A, per le sbarre di 2000A.

Le apparecchiature, il macchinario ed i componenti AT di stazione devono essere progettati per sopportare la tensione massima nominale a frequenza industriale della rete a cui si collegano.

Le sovratensioni temporanee di prova sono:

- sovratensione ad impulso atmosferico (1.2/50µs);
- sovratensione ad impulso di manovra (250/2500µs);
- sovratensione di breve durata a frequenza industriale (a secco o sotto pioggia).

### **3.4 Trasformatore elevatore di centrale**

Il trasformatore elevatore di centrale impiegato nella sottostazione avrà le seguenti caratteristiche tecniche principali:

- Tensione nominale primaria: 150kV
- Tensione nominale secondaria: 30kV
- Frequenza nominale: 50 Hz
- Potenza nominale: 50 MVA
- Vcc% 12,6 %
- Regolazione della tensione AT  $\pm 12$  gradini da 1,25 % della tensione nominale
- Tipo di raffreddamento: ONAF
- Gruppo YNd11.

<b>COMMITTENTE</b> Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)		<b>OGGETTO</b> PARCO EOLICO "TREXENTA" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> PE-R.3
 www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> RELAZIONE TECNICA DIMENSIONAMENTO LINEE ELETTRICHE 30kV E 150kV - AREA PRODUTTORE	<b>PAGINA</b> 12 di 17	

## 4 CALCOLI DI DIMENSIONAMENTO CAVIDOTTI

### 4.1 Criteri di progetto per la connessione dei nuovi aerogeneratori

Al fine di razionalizzare e ottimizzare dal punto di vista tecnico-economico la prevista configurazione impiantistica, la progettazione è stata preceduta da un'attenta analisi per l'individuazione del layout ottimale le infrastrutture elettriche a partire dalla dislocazione nel territorio (site mapping) degli aerogeneratori.

Sulla base delle informazioni progettuali disponibili, l'impianto per la distribuzione dell'energia verso la stazione di connessione alla RTN è realizzato con cavidotti interrati entro uno scavo di profondità variabile nell'intervallo 1m - 1,5m, linee a 30 kV in cavo unipolare conduttore in alluminio, con sezione di 630mm<sup>2</sup>.

I 7 aerogeneratori confluiranno al quadro a 30 kV collettore di impianto tramite n. 3 scomparti corrispondenti a ciascun sottocampo.

Tenuto conto delle soluzioni individuate si è proceduto alle seguenti verifiche elettriche del cavo scelto:

- portata in regime permanente;
- caduta di tensione;
- tenuta termica alle correnti di forte intensità e di breve durata.

### 4.2 Verifica portate in regime permanente

I cavi elettrici sono stati dimensionati in modo tale che risulti soddisfatta la relazione:

$$I_b \leq I_z \quad (1)$$

dove:

- $I_b$  è la corrente di impiego del cavo corrispondente alla potenza massima in transito sul tratto di linea considerata;
- $I_z$  è la portata del cavo, calcolata tenendo conto del tipo di cavo e delle condizioni di posa.

### 4.3 Cavi per la distribuzione elettrica a 30 kV

La linea di distribuzione a 30 kV realizza le connessioni tra le cabine di conversione/trasformazione e le connette al locale di consegna. I cavi sono stati dimensionati considerando la modalità e profondità di posa e le lunghezze delle linee in progetto.

I cavi utilizzati sono unipolari a corda rigida con conduttori in alluminio a spessore ridotto del tipo ARE4H5E – 18/30 kV, isolati in XLPE, con guaina in polietilene, schermati a nastro di alluminio avvolto a cilindri longitudinali.

<b>COMMITTENTE</b> Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)		<b>OGGETTO</b> PARCO EOLICO "TREXENTA" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> PE-R.3
 www.iatprogetti.it		<b>TITOLO</b> RELAZIONE TECNICA DIMENSIONAMENTO LINEE ELETTRICHE 30kV E 150kV - AREA PRODUTTORE	<b>PAGINA</b> 13 di 17

I cavi avranno le seguenti caratteristiche costruttive e funzionali:

- Conduttore: Corda di alluminio rotonda compatta CEI EN 60228 classe 2
- Isolamento: Polietilene reticolato (XLPE) DX3 o DX8 secondo tabella 2A della HD 620-1
- Schermo: Nastro di alluminio longitudinale
- Guaina esterna: Polietilene estruso PE tipo DMP2 o DMZ1
- Colore: rosso.

Le caratteristiche elettriche dei cavi sono illustrate nella [Tabella 1](#).

sezione nominale <i>conductor cross-section</i>	portata di corrente in aria <i>open air installation</i>	posa interrata a trifoglio	
		$p=1\text{ }^{\circ}\text{C m/W}$ <i>underground installation trefoil <math>p=1\text{ }^{\circ}\text{C m/W}</math></i>	$p=2\text{ }^{\circ}\text{C m/W}$ <i><math>p=2\text{ }^{\circ}\text{C m/W}</math></i>
(mm <sup>2</sup> )	(A)	(A)	(A)
50	190	175	134
70	235	213	164
95	285	255	196
120	328	291	223
150	370	324	249
185	425	368	283
240	503	426	327
300	581	480	369
400	680	549	422
500	789	624	479
630	918	709	545

Tabella 1 – Caratteristiche elettriche cavi tipo ARE4H5E - 18/30 kV

#### 4.4 Verifica delle portate

I valori previsti per le condizioni di esercizio in progetto sono i seguenti riportati in [Tabella 2](#).

Tratta	POTENZA	Ib (A)	S (mmq)	Iz(A)
<b>SOTTOCAMPO 1 LINEA GIALLA</b>				
QMT - SE01	1,86E+07	358	3 x 1 x 630	700
SE01 - SE02	1,24E+07	239	3 x 1 x 630	700
<b>SOTTOCAMPO 2 LINEA VERDE</b>				
QMT - SE03	1,86E+07	358	3 x 1 x 630	700
SE03 - SE05	1,24E+07	239	3 x 1 x 630	700
<b>SOTTOCAMPO 3 LINEA VIOLA</b>				
QMT - SE04	1,86E+07	358	3 x 1 x 630	700
SE04 - SE06	1,24E+07	239	3 x 1 x 630	700
SE06 - SE07	6,20E+06	119	3 x 1 x 630	700

Tabella 2 – Verifica portate in progetto

<b>COMMITTENTE</b> Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)		<b>OGGETTO</b> PARCO EOLICO "TREXENTA" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> PE-R.3
 www.iatprogetti.it		<b>TITOLO</b> RELAZIONE TECNICA DIMENSIONAMENTO LINEE ELETTRICHE 30kV E 150kV - AREA PRODUTTORE	<b>PAGINA</b> 14 di 17

#### 4.5 Verifica cadute di tensione

I cavi elettrici sono stati dimensionati in modo tale che sia soddisfatta la relazione:

$$\Delta V\% = \frac{\Delta V}{V} \cdot 100 = \frac{\Delta v \cdot L \cdot I_b}{V} \cdot 100 \leq 5\%$$

Dove:

- $\Delta V\%$  è la caduta di tensione percentuale nell'impianto.
- $\Delta V$  è la caduta di tensione specifica (V/A·km);
- $I_b$  è la corrente di impiego del cavo(A).

La verifica delle cadute di tensione è stata effettuata per le diverse tratte considerando gli opportuni dati tecnici di riferimento in [Tabella 1](#). La verifica della caduta di tensione nelle reti a 30 kV in cavo, sia per la loro limitata lunghezza sia per i bassi valori di impedenza specifica, non è in genere determinante nella scelta delle sezioni; i valori calcolati sono riportati in [Tabella 3](#).

Tratta	I <sub>b</sub> (A)	S (mmq)	R (Ohm/km)	L (km)	DV%
<b>SOTTOCAMPO 1 LINEA GIALLA</b>					
QMT - SE01	358	3 x 1 x 630	0,06	23,500	1,68
SE01 - SE02	239	3 x 1 x 630	0,06	2,600	0,12
<b>SOTTOCAMPO 2 LINEA VERDE</b>					
QMT - SE03	358	3 x 1 x 630	0,06	24,550	1,76
SE03 - SE05	239	3 x 1 x 630	0,06	2,050	0,10
<b>SOTTOCAMPO 3 LINEA VIOLA</b>					
QMT - SE04	358	3 x 1 x 630	0,06	26,000	1,86
SE04 - SE06	239	3 x 1 x 630	0,06	1,050	0,05
SE06 - SE07	119	3 x 1 x 630	0,06	2,350	0,06

Tabella 3 – Verifica cadute di tensione

#### 4.6 Verifica termica alle correnti di corto circuito

In caso di corto circuito occorre verificare che le relative correnti non determinino temperature eccessive nei conduttori e nell'isolamento.

La massima corrente di corto circuito sopportabile dal cavo può essere determinata con la seguente formula:

$$I_{cc} = \frac{K \cdot S}{\sqrt{t}}$$

dove:

- I<sub>cc</sub> corrente di corto circuito (A)
- S sezione del conduttore (mm<sup>2</sup>)

<b>COMMITTENTE</b> Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)		<b>OGGETTO</b> PARCO EOLICO "TREXENTA" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b> PE-R.3
 www.iatprogetti.it		<b>TITOLO</b> RELAZIONE TECNICA DIMENSIONAMENTO LINEE ELETTRICHE 30kV E 150kV - AREA PRODUTTORE	<b>PAGINA</b> 15 di 17

- $t$  durata del corto circuito (tempo di intervento delle protezioni  $<1s$ )
- $K$  coefficiente che dipende dalle caratteristiche del materiale conduttore e dalla differenza di temperatura all'inizio e alla fine del corto circuito. Con temperatura del conduttore all'inizio di  $90^{\circ}C$  e alla fine del corto circuito di  $250^{\circ}C$  per conduttore di alluminio  $K=92$ .

La corrente di cortocircuito che i cavi dovranno sopportare entro 1 secondo e i valori ammissibili sono indicati in [Tabella 4](#).

Tratta	S (mmq)	Icc (1s) (kA)
<b>SOTTOCAMPO 1 LINEA GIALLA</b>		
QMT - SE01	3 x 1 x 630	57,96
SE01 - SE02	3 x 1 x 630	57,96
<b>SOTTOCAMPO 2 LINEA VERDE</b>		
QMT - SE03	3 x 1 x 630	57,96
SE03 - SE05	3 x 1 x 630	57,96
<b>SOTTOCAMPO 3 LINEA VIOLA</b>		
QMT - SE04	3 x 1 x 630	57,96
SE04 - SE06	3 x 1 x 630	57,96
SE06 - SE07	3 x 1 x 630	57,96

Tabella 4 – Verifica Correnti di Cto Cto

#### 4.7 Protezione dei circuiti a 30 kV

Le unità di protezione elettrica dei circuiti a 30 kV saranno basate su tecnologia a microprocessore e adatte a garantire elevata affidabilità e disponibilità di funzionamento.

Le unità di protezione saranno di tipo espandibile e potranno essere dotate, anche in un secondo tempo, di ulteriori accessori che permetteranno di realizzare:

- automatismi di richiusura per linee di distribuzione;
- gestione dei segnali dai trasformatori;
- acquisizione dei valori di temperatura da sonde termiche;
- emissione di una misura analogica associabile ad una delle grandezze misurate dall'unità stessa (correnti, temperature, ecc.).

La regolazione delle soglie, avverrà direttamente in valori primari nelle relative grandezze espresse in corrente o tempo rendendo più semplice l'utilizzo e la consultazione all'operatore.

Saranno implementate le seguenti protezioni:

<b>COMMITTENTE</b> Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)		<b>OGGETTO</b> PARCO EOLICO "TREXENTA" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b>  PE-R.3
 www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> RELAZIONE TECNICA DIMENSIONAMENTO LINEE ELETTRICHE 30kV E 150kV - AREA PRODUTTORE	<b>PAGINA</b>  16 di 17	

- massima tensione concatenata (59 - senza ritardo intenzionale);
- massima tensione omopolare (59N - ritardata);
- minima tensione concatenata (27- ritardo tipico: 300 ms);
- massima frequenza (81> senza ritardo intenzionale);
- minima frequenza (81< senza ritardo intenzionale);
- protezione contro la perdita di rete con PLC di richiusura DDI con rete presente;
- protezione direzionale di terra 67N;
- massima corrente 50/51;
- massima corrente di terra 50N/51N;
- sequenza negativa / squilibrio 46;
- mancata apertura interruttore 50BF.

I valori di taratura delle diverse protezioni saranno definiti in fase di progettazione esecutiva.

## 4.8 Protezione dei circuiti BT

### 4.8.1 Protezione contro i sovraccarichi

La protezione dei sovraccarichi è effettuata secondo la norma CEI 64-8/4 rispettando le condizioni seguenti:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_f \leq 1,45 I_z$$

Dove:

- $I_b$  = Corrente di impiego del circuito
- $I_n$  = Corrente nominale del dispositivo di protezione
- $I_z$  = Portata in regime permanente della condotta
- $I_f$  = Corrente di funzionamento del dispositivo di protezione

### 4.8.2 Protezione contro i cortocircuiti

La protezione dei cortocircuiti sarà effettuata secondo la norma CEI 64-8/4 rispettando le condizioni seguenti:

$$I_{cc_{max}} \leq P.d.I.$$

$$I^2t \leq K^2S^2$$

<b>COMMITTENTE</b> Green Energy Sardegna 2 S.r.l. Piazza del Grano, 3 Bolzano (BZ)		<b>OGGETTO</b> PARCO EOLICO "TREXENTA" PROGETTO DEFINITIVO	<b>COD. ELABORATO</b>  PE-R.3
 www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> RELAZIONE TECNICA DIMENSIONAMENTO LINEE ELETTRICHE 30kV E 150kV - AREA PRODUTTORE	<b>PAGINA</b>  17 di 17	

Dove:

- $I_{cc_{max}}$  = Corrente di cortocircuito massima
- P.d.I. =Potere di interruzione apparecchiatura di protezione
- $I^2t$  = Integrale di Joule della corrente di cortocircuito presunta (valore letto sulle curve delle apparecchiature di protezione)
- K = Coefficiente della conduttura utilizzata
  - o 115 per cavi isolati in PVC;
  - o 135 per cavi isolati in gomma naturale e butilica;
  - o 143 per cavi isolati in gomma etilenpropilenica e polietilene reticolato;
- S = Sezione della conduttura.

#### **4.9 Contributo alle correnti di corto circuito al PCC**

Il calcolo del contributo dell'impianto alla corrente di corto circuito al punto di consegna (Point of Common Coupling - PCC) è fatto considerando la situazione più gravosa valutando il contributo al corto circuito dell'impianto eolico.

Il contributo alla corrente di corto circuito lato c.a. AT a 150kV è in genere trascurabile rispetto al contributo della rete in quanto i sistemi di controllo degli aerogeneratori limitano la corrente in uscita ad un valore doppio della corrente nominale e si portano in stand-by in pochi decimi di secondo per intervento delle protezioni interne. Il contributo al corto circuito sul lato c.a. AT può essere calcolato considerando il contributo proveniente dagli aerogeneratori e maggiorando del 100% il valore della corrente nominale complessiva. Di conseguenza, tenuto conto che la potenza massima di ciascun aerogeneratore è di 6200 kW ( $A_n$ ) alla tensione di rete di 690V, con una corrente nominale massima di 5194A, il contributo al c.to c.to complessivo al punto di consegna, considerando un contributo pari a 2 volte la corrente nominale degli aerogeneratori, nel punto di consegna 150kV risulta pari a 334A.