

EVO S.R.L.



CODE

C23EOSW002G006R00

PAGE

1 di/of 20

AVAILABLE LANGUAGE: IT

**Regione Sardegna**

**Provincia di Sassari**

**Comune di Calangianus**

**“Impianto eolico di potenza nominale pari a 33 MW integrato con un sistema di accumulo di potenza nominale pari a 25 MW da realizzarsi nel Comune di Calangianus (SS)”**

**RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI**

Il tecnico

Ing. Leonardo Sblendido



File:C23EOSW002G006R00\_Relazione di calcolo preliminare degli impianti.docx

REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED
00	09/02/2024	Prima emissione	A. Bruno M. De Santo	D. Morelli	L. Sblendido

## INDICE

1. INTRODUZIONE .....	3
2. OGGETTO E SCOPO .....	3
3. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	4
4. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	4
5. BREVE DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO .....	6
6. COMPONENTI PRINCIPALI .....	8
6.1. AEROGENERATORI .....	8
6.2. CAVO MT .....	10
7. DIMENSIONAMENTO CAVI .....	12
8. PROGETTAZIONE CAVIDOTTI.....	17
9. IMPIANTO DI TERRA.....	17
10. SOTTOSTAZIONE ELETTRICA DI TRASFORMAZIONE 150/30 KV.....	19

## 1. INTRODUZIONE

L'impianto eolico in progetto è costituito da 5 aerogeneratori (anche detti WTG) di potenza nominale unitaria pari a 6,6 MWp, per una potenza nominale complessiva pari a 33 MW. L'impianto è integrato da un sistema di accumulo di potenza nominale pari a 25 MW e corredato dalle opere di connessione e dalle infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio dello stesso. Tutte le turbine e le opere di connessione ricadono all'interno dei confini comunali di Calangianus, in provincia di Sassari.

Per come riportato nella STMG (cod. pratica: 202303981), la centrale utente verrà *collegata in antenna a 150 kV su una nuova Stazione Elettrica di Trasformazione della RTN a 380/150 kV da collegare tramite un elettrodotto 380 kV al futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione della RTN di Codrongianos e da collegare tramite due nuovi elettrodotti a 150 kV alla nuova Stazione Elettrica di Smistamento della RTN a 150 kV in GIS denominata "Tempio" (prevista dal Piano di Sviluppo Terna).*

L'energia elettrica prodotta dall'impianto concorrerà al raggiungimento dell'obiettivo di incrementare la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, coerentemente con gli accordi siglati a livello comunitario dall'Italia.

L'impianto sarà destinato a funzionare in parallelo alla rete elettrica nazionale, in modo da immettere energia da fonte rinnovabile in rete; l'iniziativa, oltre a contribuire al potenziamento della produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile su territorio nazionale, sarà a servizio dei futuri fabbisogni energetici comunali.

## 2. OGGETTO E SCOPO

Il documento ha lo scopo di determinare i parametri elettrici fondamentali di funzionamento dell'impianto, sia in condizioni normali che di guasto, con particolare riferimento ai requisiti richiesti da TERNA per la connessione degli impianti eolici alla RTN.

Come meglio descritto in seguito, le prescrizioni contenute nell'allegato A.17 al codice di rete riguardano:

- le caratteristiche generali d'impianto ed il campo di funzionamento necessari per la connessione alle reti AT;
- le caratteristiche dei sistemi di protezione ai fini del funzionamento in sicurezza del sistema elettrico;
- le caratteristiche dei sistemi di regolazione e gestione che gli Impianti Eolici devono fornire in condizioni normali ed in emergenza;

L'oggetto del presente studio sono pertanto le analisi del comportamento a regime dell'impianto

eolico ed in particolare, la verifica del supporto reattivo al punto di connessione.

Per lo scopo presente è studiata la sezione di impianto a partire da ogni singolo aerogeneratore in bassa tensione fino al punto di consegna sulla rete elettrica AT.

### 3. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Nella redazione del presente documento, sono di riferimento i seguenti documenti tecnici di progetto:

- C23EOSW002G025T00\_Sezioni tipiche cavidotti
- C23EOSW002G026T00\_Schema elettrico unifilare
- C23EOSW002G027T00\_Rete di terra impianto eolico
- C23EOSW002G028T00\_Planimetria cavidotti
- C23EOSW002G030T00\_SSE – Rete di terra

### 4. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- a. CEI EN 60909-0: Correnti di cortocircuito nei sistemi trifase in corrente alternata Parte 0: Calcolo delle correnti
- b. TERNA Codice di Trasmissione, Dispacciamento, Sviluppo e Sicurezza della Rete
- c. TERNA Codice di Rete, allegato A.1 “Criteri per il coordinamento degli isolamenti nelle reti a tensione uguale o superiore a 120 kV”
- d. TERNA Codice di Rete, allegato A.2 “Guida agli schemi di connessione”
- e. TERNA Codice di Rete, allegato A.3 “Requisiti e caratteristiche di riferimento di stazioni e linee elettriche della RTN”
- f. TERNA Codice di Rete, allegato A.4 “Criteri generali di protezione delle reti a tensione uguale o superiore a 110 kV”
- g. TERNA Codice di Rete, allegato A.8 “Correnti di corto circuito e tempo di eliminazione dei guasti negli impianti delle reti a tensione uguale o superiore a 120 kV”
- h. TERNA Codice di Rete, allegato A.11 “Criteri generali per la taratura delle protezioni delle reti a tensione uguale o superiore a 110 kV”
- i. TERNA Codice di Rete, allegato A.12 “Criteri di taratura dei relè di frequenza del sistema elettrico”
- j. TERNA Codice di Rete, allegato A.13 “Criteri di connessione al sistema di controllo di Terna”
- k. TERNA Codice di Rete, allegato A.14 “Partecipazione alla regolazione di tensione”
- l. TERNA Codice di Rete, allegato A.15 “Partecipazione alla regolazione di frequenza e frequenza/potenza”

- m. TERNA Codice di Rete, allegato A.17 “Centrali eoliche: Condizioni generali di connessione alle reti AT Sistemi di protezione regolazione e controllo”
- n. TERNA Codice di Rete, allegato A.18 “Verifica della conformità delle unità di generazione alle prescrizioni tecniche del Gestore”
- o. TERNA Codice di Rete, allegato A.45 “Specifica tecnica funzionale e realizzativa delle apparecchiature di misura”
- p. TERNA Codice di Rete, allegato A.55 “Caratteristiche della tensione sulla rete di trasmissione nazionale”
- q. TERNA Codice di Rete, allegato A.56 “Determinazione e verifica dei valori minimi e massimi convenzionali della potenza di corto circuito per i siti direttamente connessi alla RTN”
- r. TERNA Codice di Rete, allegato A.57 “Contratto tipo per la connessione alla rete di trasmissione nazionale”
- s. TERNA Codice di Rete, allegato A.64 “Modalità di utilizzo del teledistacco applicato ad impianti di produzione da fonte eolica”
- t. TERNA Codice di Rete, allegato A.65 “Dati tecnici dei gruppi di generazione”
- u. TERNA Qualità del servizio di trasmissione: Valori minimo e massimo della tensione effettiva misurata dagli Utenti AT sui propri impianti - Anno 2017
- v. TERNA Qualità del servizio di trasmissione: Valori minimi e massimi convenzionali della corrente di cortocircuito e della potenza di cortocircuito della rete rilevante con tensione 380-220-150-132 kV – Anno 2019

Per l'esecuzione del progetto di maglia di terra sono state adottate le norme CEI nella loro edizione più recente. Di seguito si elencano le principali normative e standard di riferimento.

- I. CEI 0-2: guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici;
- II. CEI EN 61936-1 (CEI 99-2) - Impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a. - Parte 1: Prescrizioni comuni.
- III. CEI EN 50522 (CEI 99-3) - Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.;
- IV. CEI 11.17 – Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo;
- V. CEI EN 60865-1 (CEI 11-26) Correnti di cortocircuito – Calcolo degli effetti - Parte 1: Definizioni e metodi di calcolo;
- VI. CEI EN 60909-0 (CEI 11-25) Correnti di corto circuito nei sistemi trifasi in corrente alternata – Parte 0: calcolo delle correnti;

- VII. CEI EN 60909-3 Correnti di corto circuito nei sistemi trifasi in corrente alternata – Parte 3: Correnti in due corto circuiti fase-terra simultanei e distinti e correnti di corto circuito parziali che fluiscono attraverso terra;
- VIII. CEI 11-17 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo;
- IX. CEI 11-37 Guida per l'esecuzione degli impianti di terra nei sistemi utilizzatori di energia alimentati a tensione maggiore di 1 kV;
- X. IEC 60502-2: Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV ( $U_m = 1,2$  kV) up to 30 kV ( $U_m = 36$  kV) - Part 2: Cables for rated voltages from 6 kV ( $U_m = 7,2$  kV) up to 30 kV ( $U_m = 36$  kV)
- XI. IEC 60479-1 Effects of current on human beings and livestock - Part 1: General aspects;
- XII. IEC 60479-2 Effects of current on human beings and livestock - Part 2: Special aspects;
- XIII. IEC/TR 60909-2:2008 Short-circuit currents in three-phase a.c. systems - Part 2: Data of electrical equipment for short-circuit current calculations;
- XIV. DL n°81 del 9.04.2008 - Procedure di attuazione per la sicurezza sul lavoro;
- XV. ANSI / IEEE Std 80 – Guide for Safety in AC Substation Grounding;

Per quanto non esplicitamente indicato, dovranno in ogni caso essere sempre adottate tutte le indicazioni normative e di legge atte a garantire la realizzazione del sistema a regola d'arte e nel rispetto della sicurezza.

## 5. BREVE DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

L'impianto eolico è costituito da cinque aerogeneratori, ciascuno dei quali comprende un generatore ( $V=950V$ ,  $P=6600$  kW), collegati al rispettivo trasformatore di macchina (30/0.95kV,  $P=7800$ kVA). I cinque aerogeneratori sono divisi in tre sottogruppi (Clusters). All'interno di ogni cluster gli aerogeneratori sono connessi con collegamento di tipo "entra-esce" mediante cavi interrati di tensione 30 kV. L'energia elettrica sarà convogliata dal parco eolico mediante tre terne di cavi interrati di tensione 30 kV (MT) verso la Sottostazione Elettrica di trasformazione 150/30 kV.

Ogni aerogeneratore è dotato di tutte le apparecchiature e circuiti di potenza nonché di comando, protezione, misura e supervisione.

L'impianto elettrico comprende sistemi di categoria 0, I e II ed è esercito alla frequenza di 50Hz.

L'impianto è composto dalle seguenti strutture:

- n°5 aerogeneratori con annesse all'interno tutte le apparecchiature di macchina;
- Impianto di accumulo costituito da 40 Battery Unit (ognuna avente capacità nominale pari a 5015 KWh) e 10 unità di trasformazione (MV Skid);

- n°1 sottostazione elettrica 150/30 kV.

Le opere elettriche necessarie per il trasporto dell'energia prodotta dal parco eolico alla Sottostazione Elettrica di trasformazione AT/MT di nuova realizzazione sono:

- Rete in cavo interrato, esercita in media tensione a 30 kV, per il collegamento dei 5 aerogeneratori;
- Rete in cavo interrato, esercita in media tensione a 30 kV, per il collegamento interno del sistema di accumulo (BESS);
- Rete in cavo interrato, esercita in media tensione a 30 kV, per il collegamento sino alla Sottostazione di Trasformazione 150/30 kV.

Per maggiori dettagli relativi alla struttura elettrica dell'impianto si rimanda all'elaborato "C23EOSW00G026T00\_Schema elettrico unifilare".

Di seguito viene mostrato il layout dell'impianto con inquadramento su base satellitare:

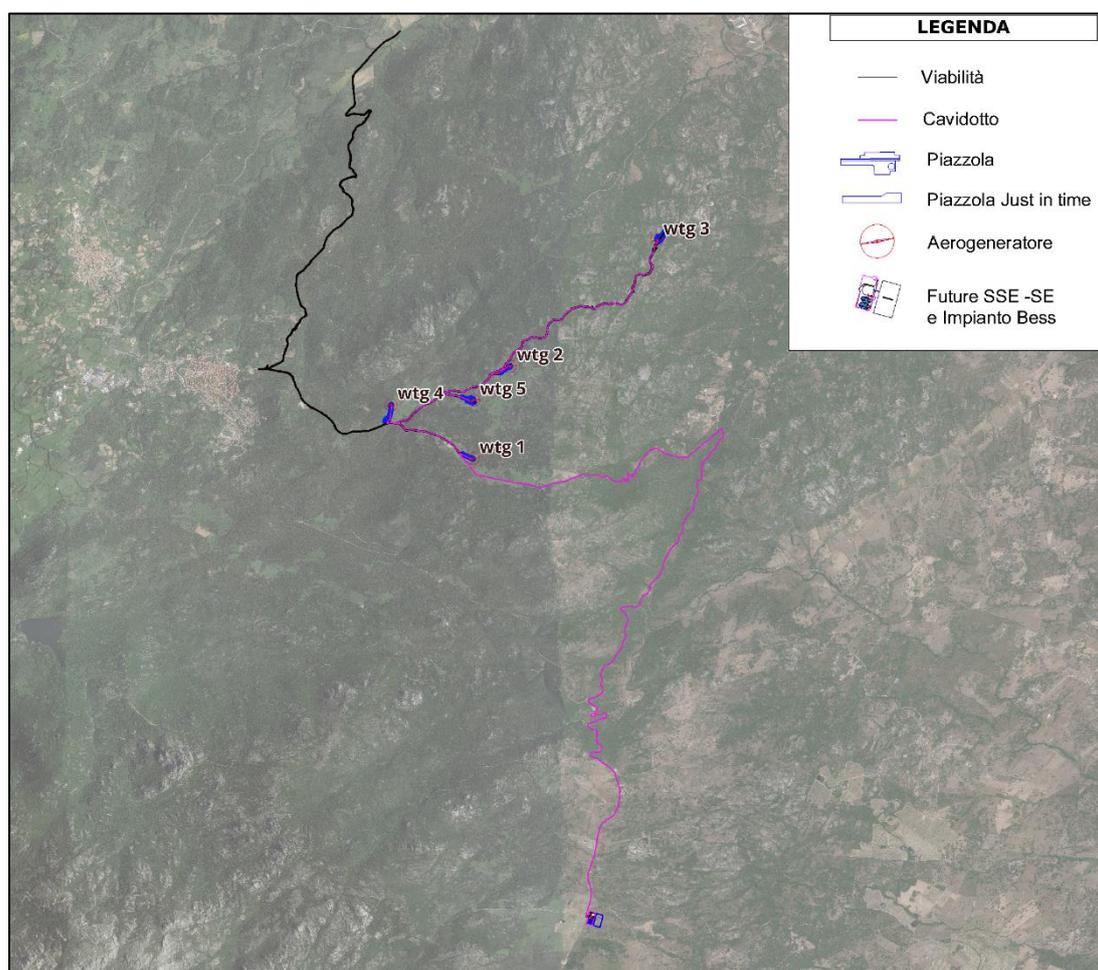


Figura 1 - Inquadramento su base ortofoto dell'area di impianto

## 6. COMPONENTI PRINCIPALI

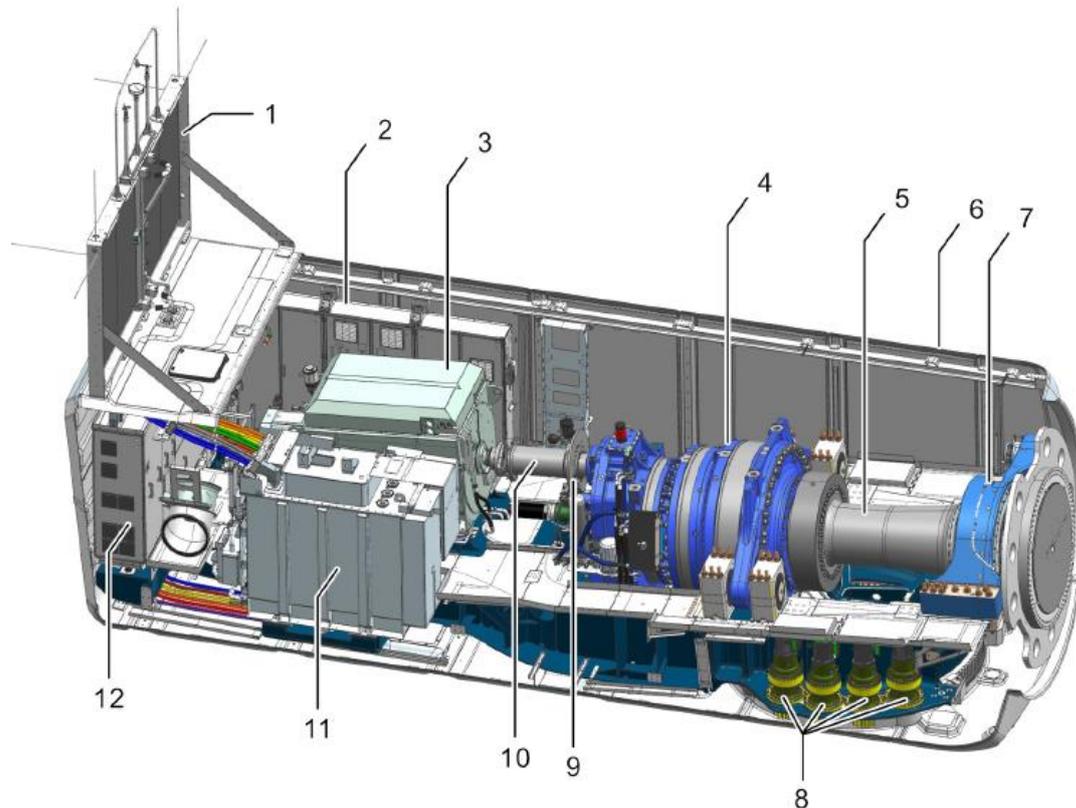
### 6.1. AEROGENERATORI

Gli aerogeneratori utilizzati per il parco eolico in progetto hanno potenza nominale di 6.6 MW/unità. Di seguito si descrivono le principali caratteristiche tecniche.

Technical design	
Survival temperature (Design temperature)	NCV: -20°C to +45°C CCV: -40°C to +45°C
Operating temperature range of the Normal Climate Version	-20°C to +40°C <sup>1)</sup>
Operating temperature range of the Cold Climate Version	-30°C to +40°C <sup>1)</sup>
Stop	Standard: -20°C, restart at -18°C CCV: -30°C, restart at -28°C
Max. altitude above MSL	2000 m <sup>1)</sup>
Certification	In accordance with IECRE-OD501 with IEC 61400 and DIBt 2012
Type	3-blade rotor with horizontal axis Up-wind turbine
Output control	Active single blade adjustment
Nominal power	Up to 6800 kW <sup>1)</sup>
Rated wind speed (at an air density of 1.225 kg/m <sup>3</sup> )	Approx.12.5 m/s
Operating speed range of the rotor	5.3 min <sup>-1</sup> to 10.93 min <sup>-1</sup>
Nominal speed	9.025 rpm
Cut-in wind speed	3 m/s
Cut-out wind speed	20 m/s <sup>2)</sup>
Cut-back-in wind speed	19.5 m/s <sup>2)</sup>
Calculated service life	≥ 25 years <sup>3)</sup>

Rotor	Towers	TS112-00	TS142-00	TS162-00	TCS179-00
Rotor diameter	Hub height*	112.0 m	142.0 m	162.0 m	179.0 m
Swept area	Tower type	Tubular steel tower			Hybrid tower
Nominal power/area	Wind class	IEC S DIBt S	IEC S	IEC S	IEC S DIBt S
Rotor shaft inclination angle	Surface finish	Color system coating			**
Blade cone angle	<b>Generator</b>				
	Type	6-pole doubly-fed induction machine			
	Degree of protection	IP 54 (slip ring box IP 23)			
	Nominal voltage	950 V			
	Frequency	50 and 60 Hz			
	Poles	6			
	Weight	approx. 13.5 t			
	<b>Pitch system</b>				
	Pitch bearing	Double-row four-point contact bearing			
	Gearing/raceway lubrication	Regular lubrication with grease			
	Drive	Electric motors incl. spring-loaded brake and multi-stage planetary gear			
	Emergency power supply	Capacitors			
	<b>Yaw system</b>				
	Yaw bearing	Double-row four-point contact bearing			
	Gearing/raceway lubrication	Regular lubrication with grease			
	Drive	Electric motors incl. spring-loaded brake and four-stage planetary gear			
	Number of drives	7 to 8			
	Yaw speed	approx. 0.4 °/s			
	<b>Rotor blade</b>				
Material	Fiber glass and carbon fiber reinforced plastic				
Total length	85.7 m				
<b>Rotor hub</b>					
Material of the rotor hub body	Casting				
Material spinner	Glass fiber reinforced plastic				
<b>Nacelle</b>					
Support structure	Welded steel structure				
Cladding	Fiberglass-reinforced plastic				
Machine frame	Casting				
Generator frame	Welded steel construction				
<b>Rotor shaft/rotor bearing</b>					
Type	Forged hollow shaft				
Material	42CrMo4 or 34CrNiMo6				
Bearing type	Spherical roller bearing				
Lubrication	Regularly using lubricating grease				

Figura 2 - Specifiche tecniche aerogeneratore



- |   |                 |    |               |
|---|-----------------|----|---------------|
| 1 | Passive cooler  | 7  | Rotor bearing |
| 2 | Switch cabinet  | 8  | Yaw drives    |
| 3 | Generator       | 9  | Rotor brake   |
| 4 | Gearbox         | 10 | Coupling      |
| 5 | Rotor shaft     | 11 | Transformer   |
| 6 | Nacelle housing | 12 | Converter     |

**Figura 3 - Allestimento navicella dell'aerogeneratore**

**Il rotore** è costituito da un mozzo (hub) realizzato in ghisa sferoidale, montato sull'albero a bassa velocità della trasmissione con attacco a flangia. Il mozzo è sufficientemente grande da fornire spazio ai tecnici dell'assistenza durante la manutenzione delle pale e dei cuscinetti all'interno della struttura.

- Diametro: 175 m
- Superficie massima spazzata dal rotore: 24.053 m<sup>2</sup>
- Numero di pale: 3
- Velocità: variabile per massimizzare la potenza erogata nel rispetto dei carichi e dei livelli di rumore.

**Le pale** sono realizzate in fibra di vetro CRP (Carbon Reinforced Plastic). La pala utilizza un design basato su profili alari. La lunghezza della singola pala è pari a 85.7 m.

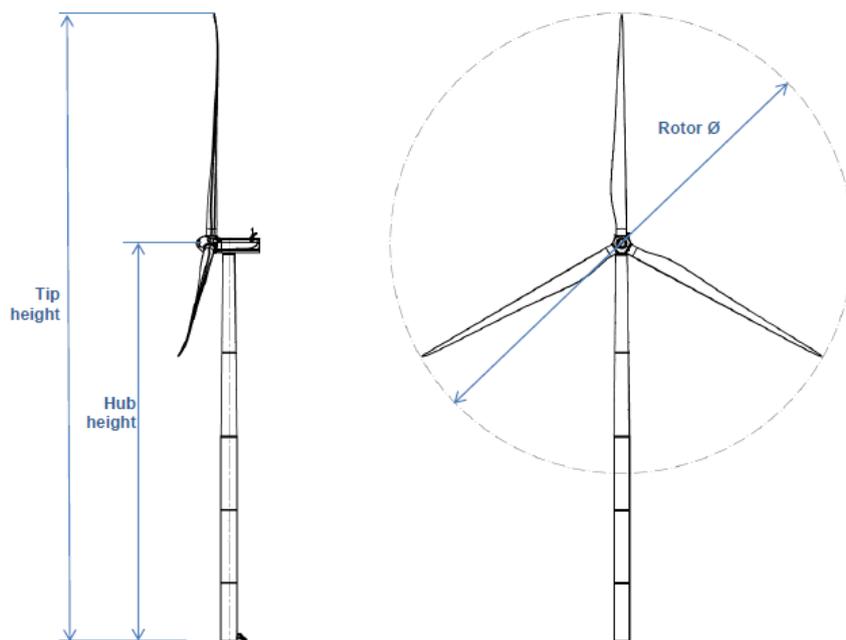


Figura 4 - Dimensioni aerogeneratore tipo.

Altezza della punta ( <i>Tip height</i> )	199.50 m
Altezza del mozzo ( <i>Hub height</i> )	112 m
Diametro del rotore ( <i>Rotor Ø</i> )	175 m

Tabella 1 - Dimensioni aerogeneratore tipo

**Il generatore** è di tipo asincrono trifase a doppia alimentazione con rotore avvolto (DFIG) ed è collegato a un convertitore che consente al generatore di operare con velocità di rotazione variabili. La tensione del generatore è pari a 950 V. Il generatore è raffreddato ad acqua mediante uno scambiatore di calore acqua/aria.

## 6.2. CAVO MT

I cavi di interconnessione tra gli aerogeneratori, i cavi di interconnessione tra i blocchi del sistema di accumulo ed i cavi di collegamento dei clusters con la Sottostazione di Trasformazione saranno del tipo trifase con struttura unipolare del tipo ARE4H1R 18/30 kV.

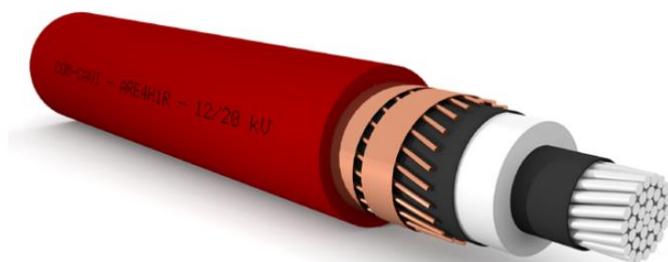


Figura 5 - Cavo unipolare ARE4H1R 18/30 kV

## Caratteristiche elettriche/Electrical characteristics

Formazione Size	Resistenza elettrica a 20°C Max. electrical resistance at 20°C	Resistenza apparente a 90°C e 50Hz Conductor apparent resistance at 90°C and 50Hz		Reattanza di fase Phase reactance		Capacità a 50Hz 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 50	0,641	0,822	0,822	0,14	0,15	0,143
1 x 70	0,443	0,568	0,568	0,13	0,15	0,160
1 x 95	0,320	0,411	0,411	0,12	0,14	0,175
1 x 120	0,253	0,325	0,325	0,12	0,13	0,192
1 x 150	0,206	0,265	0,265	0,11	0,13	0,205
1 x 185	0,164	0,211	0,211	0,11	0,12	0,222
1 x 240	0,125	0,161	0,161	0,11	0,12	0,244
1 x 300	0,100	0,130	0,129	0,10	0,11	0,265
1 x 400	0,0778	0,102	0,101	0,10	0,11	0,294
1 x 500	0,0605	0,0801	0,0794	0,097	0,11	0,321
1 x 630	0,0469	0,0635	0,0625	0,094	0,11	0,357

Figura 6 - Caratteristiche elettriche cavo ARE4H1R 18/30 kV

Di seguito le principali caratteristiche:

- **Anima:**  
Corda rotonda compatta di fili d'alluminio, classe 2, secondo prescrizioni IEC 60502-2.
- **Isolante:**  
Isolante costituito da uno strato di polietilene reticolato (XPLE) senza piombo.
- **Strati semiconduttivi:**  
Mescola estrusa.
- **Schermo:**  
Fili di rame rosso con nastro di rame in contro spirale.
- **Guaina esterna:**  
Mescola a base di PVC, qualità ST2 di colore rosso.

## 7. DIMENSIONAMENTO CAVI

La configurazione elettrica dell'impianto prevede la realizzazione di 3 clusters, dei quali due sono costituiti da 2 WTGs e uno è costituito da 1 WTG. Ciascun aerogeneratore sarà elettricamente interconnesso con il successivo mediante collegamento di tipo "entra-esce" mediante cavo MT.

Per quanto concerne il sistema di accumulo, i 10 blocchi, costituiti ciascuno da 4 Battery Units, saranno anch'essi elettricamente interconnessi con collegamento di tipo "entra-esce" mediante cavo MT.

Per maggiori dettagli si rimanda al documento "C23EOSW002G026T00\_Schema elettrico unifilare".

In base al layout dell'impianto e alla lunghezza di ciascuna tratta, la suddetta viene dimensionata considerando i criteri di portata di corrente e caduta di tensione in servizio normale e tenuta dei livelli di cortocircuito.

In una rete attiva vanno verificate due condizioni importanti:

1. La corrente che passa nei cavi deve essere inferiore o al limite uguale alla portata effettiva stimata della conduttura sulla base delle condizioni di posa;
2. La tensione che si trova ai morsetti di ogni WTG sia all'interno del suo campo di funzionamento normale.

Tali verifiche devono essere effettuate in due condizioni:

- L'impianto genera la massima potenza attiva consentita, potenza reattiva erogata in rete (sovraeccitazione) pari al massimo valore come indicato in allegato A17 al codice di rete TERNA, tensione sul nodo di alta tensione al minimo valore (0.9 p.u.);
- L'impianto genera la minima potenza attiva (da stabilire sulla base del tipo di turbina impiegata), potenza reattiva assorbita dalla rete (sottoeccitazione) pari al massimo valore (assoluto) come indicato in allegato A17 al codice di rete TERNA, tensione sul nodo di alta tensione al massimo valore (1.1 p.u.).

Ogni percorso della rete (cavo) sarà rappresentato da:

- Impedenza longitudinale (serie resistenza e reattanza induttiva);
- Impedenza trasversale (reattanza capacitiva e conduttanza che considera le perdite nel dielettrico).

Lo scambio di energia tra ogni punto di generazione (WTG) ed il punto di consegna (Barra AT) è affetta da perdita.

Gli aerogeneratori risultano interconnessi mediante cavi tipo ARE4H1R 18/30 kV di sezione

opportuna, riportata a seguire, nella tabella riepilogativa.

Dal punto di vista delle caratteristiche termiche, la corrente permanente massima ammissibile da trasportare è determinata dalle caratteristiche dell'impianto stesso. Le condizioni di installazione della rete di media tensione sono descritte di seguito.

Descrizione	Valore	Unità
Temperatura del terreno	20	°C
Resistività termica del terreno	1	K·m/W
Profondità di installazione	1.36	m
Temperatura del conduttore	90	°C
Disposizione	Trifoglio	
Installazione	Interrato in tubo corrugato	

**Tabella 2 - Condizioni di installazione della rete di media tensione**

Il fattore di correzione per temperature  $K_T$  del terreno diverse da 20 °C è indicato di seguito.

Maximum conductor temperature °C	Ambient ground temperature °C							
	10	15	25	30	35	40	45	50
90	1,07	1,04	0,96	0,93	0,89	0,85	0,80	0,76

**Tabella 3 - Tabella correttiva per temperatura del terreno diversa da 20°C (IEC 60502-2:2014)**

Si ipotizza la temperatura del terreno pari a 20°C, quindi il fattore correttivo scelto è:

$$K_T = 1$$

Il fattore di correzione per gruppi  $K_R$  di più circuiti installati sullo stesso piano è indicato di seguito.

Number of cables in group	Spacing between duct group centres mm				
	Touching	200	400	600	800
2	0,78	0,85	0,89	0,91	0,93
3	0,66	0,75	0,81	0,85	0,88
4	0,59	0,70	0,77	0,82	0,86
5	0,55	0,66	0,74	0,80	0,84
6	0,51	0,64	0,72	0,78	0,83
7	0,48	0,61	0,71	0,77	0,82
8	0,46	0,60	0,70	0,76	–
9	0,44	0,58	0,69	0,76	–
10	0,43	0,57	0,68	–	–
11	0,42	0,56	0,67	–	–
12	0,40	0,55	0,67	–	–

Tabella 4 - Tabella correttiva per cavidotti con più circuiti (IEC 60502-2:2014)

Nel caso in oggetto il numero di circuiti presente all'interno dello stesso cavidotto viene valutato per il singolo cavidotto. Le terne di cavi sono distanziate di 25 cm tra di loro. Non essendo questa misura presente all'interno delle casistiche riportate dalla normativa, si è scelto il caso più conservativo considerando le terne di cavi distanti 20 cm tra di loro. Questo coefficiente correttivo viene scelto per ogni linea in base al numero massimo di circuiti incontrati nel suo percorso. I valori ottenuti per il fattore di correzione  $K_R$  sono  $K_R = 0.85$  e  $K_R = 0.75$ .

Il fattore di correzione per differenti valori di profondità  $K_A$  di posa è indicato di seguito.

Depth of laying m	Single-core cables		Three-core cable
	Nominal conductor size mm <sup>2</sup>		
	≤185 mm <sup>2</sup>	>185 mm <sup>2</sup>	
0,5	1,04	1,05	1,03
0,6	1,02	1,03	1,02
1	0,98	0,97	0,99
1,25	0,96	0,95	0,97
1,5	0,95	0,93	0,96
1,75	0,94	0,92	0,95
2	0,93	0,91	0,94
2,5	0,91	0,89	0,93
3	0,90	0,88	0,92

Tabella 5 - Tabella correttiva per profondità di posa diversa da 0.8 m per cavi in tubi corrugati interrati (IEC 60502-2:2014)

Il valore di posa di 1.36 m non è presente all'interno della tabella della normativa: il corrispondente fattore di correzione è stato ottenuto mediante interpolazione. Per cavi con sezione maggiore di 185 mm<sup>2</sup> il fattore correttivo per la profondità di posa risulta quindi essere:

$$K_A(\text{sezione} > 185 \text{ mm}^2) = 0.94$$

Nel caso di conduttori con sezione inferiore o pari a 185 mm<sup>2</sup>, tale fattore correttivo risulta pari a:

$$K_A(\text{sezione} \leq 185 \text{ mm}^2) = 0.96$$

Il fattore di correzione per differenti valori di resistività termica del terreno  $K_P$  (diversi da 1.5 K m/W) è indicato di seguito.

Nominal area of conductor mm <sup>2</sup>	Values of soil thermal resistivity K·m/W						
	0,7	0,8	0,9	1	2	2,5	3
16	1,20	1,17	1,14	1,11	0,92	0,85	0,79
25	1,21	1,17	1,14	1,12	0,91	0,85	0,79
35	1,21	1,18	1,15	1,12	0,91	0,84	0,79
50	1,21	1,18	1,15	1,12	0,91	0,84	0,78
70	1,22	1,19	1,15	1,12	0,91	0,84	0,78
95	1,23	1,19	1,16	1,13	0,91	0,84	0,78
120	1,23	1,20	1,16	1,13	0,91	0,84	0,78
150	1,24	1,20	1,16	1,13	0,91	0,83	0,78
185	1,24	1,20	1,17	1,13	0,91	0,83	0,78
240	1,25	1,21	1,17	1,14	0,90	0,83	0,77
300	1,25	1,21	1,17	1,14	0,90	0,83	0,77
400	1,25	1,21	1,17	1,14	0,90	0,83	0,77

**Tabella 6 - Tabella correttiva per resistività termica del terreno per cavi unipolari in tubi corrugati interrati (IEC 60502-2:2014)**

Il valore della resistività termica del terreno è stato ipotizzato pari a 1 K m/W.

I valori ottenuti per il fattore di correzione  $K_P$  sono  $K_P = 1.12$  e  $K_P = 1.14$ .

Nelle fasi successive, sarebbe idoneo effettuare misure di resistività termica del terreno in loco ed il dimensionamento delle linee sarà rivisitato di conseguenza.

I risultati del dimensionamento elettrico sono riportati di seguito.

Si noti che la lunghezza del cavo è pari alla lunghezza del tracciato maggiorata del 10% per tener conto di ciascuna terminazione.

	Da	A	Tipo di cavo	Formazione	Sezione [mm <sup>2</sup> ]	Lunghezza [m]	Lunghezza+10% [m]	Potenza [kW]	Caduta di tensione [%]
Cluster 1	WTG 1	SSE	ARE4H1R 18/30 kV	3x1x	240	13656	15022	6600	2.36%
Cluster 2	WTG 5	WTG 4	ARE4H1R 18/30 kV	3x1x	70	1662	1828	6600	0.85%
	WTG 4	SSE	ARE4H1R 18/30 kV	3x1x	400	14890	16379	13200	3.61%
Cluster 3	WTG 3	WTG 2	ARE4H1R 18/30 kV	3x1x	70	3897	4286	6600	1.98%
	WTG 2	SSE	ARE4H1R 18/30 kV	3x1x	400	16274	17901	13200	3.95%

Tabella 7 - Dimensionamento cavi MT Impianto Eolico

	Da	A	Tipo di cavo	Formazione	Sezione [mm <sup>2</sup> ]	Lunghezza [m]	Lunghezza+10% [m]	Potenza [kW]	Caduta di tensione [%]
RAMO 1	BLOCCO 1	BLOCCO 2	ARE4H1R 18/30 kV	3x1x	50	12.041	13	2500	0.003%
	BLOCCO 2	BLOCCO 3	ARE4H1R 18/30 kV	3x1x	50	11.930	13	5000	0.006%
	BLOCCO 3	BLOCCO 4	ARE4H1R 18/30 kV	3x1x	70	12.173	13	7500	0.007%
	BLOCCO 4	BLOCCO 5	ARE4H1R 18/30 kV	3x1x	120	12.103	13	10000	0.006%
	BLOCCO 5	SSE	ARE4H1R 18/30 kV	3x1x	185	52.803	58	12500	0.021%
RAMO 2	BLOCCO 1	BLOCCO 2	ARE4H1R 18/30 kV	3x1x	50	12.173	13	2500	0.003%
	BLOCCO 2	BLOCCO 3	ARE4H1R 18/30 kV	3x1x	50	12.365	14	5000	0.007%
	BLOCCO 3	BLOCCO 4	ARE4H1R 18/30 kV	3x1x	70	12.650	14	7500	0.007%
	BLOCCO 4	BLOCCO 5	ARE4H1R 18/30 kV	3x1x	120	12.275	14	10000	0.006%
	BLOCCO 5	SSE	ARE4H1R 18/30 kV	3x1x	185	84.586	93	12500	0.034%

Tabella 8 - Dimensionamento cavi MT Impianto BESS

## 8. PROGETTAZIONE CAVIDOTTI

Relativamente ai cavidotti MT a 30kV, si prevede la posa di cavi trifase con struttura unipolare in alluminio a 30kV con conduttori disposti a trifoglio a profondità di circa 1.36m.

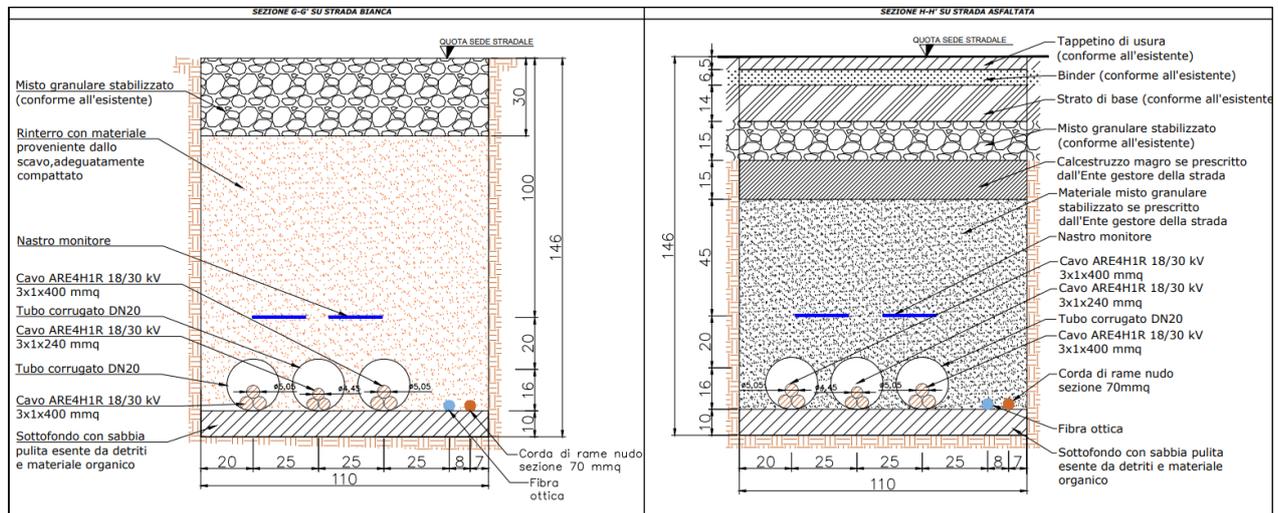


Figura 7 - Sezioni tipo cavidotto MT

La temperatura minima di posa del cavo in oggetto, nel rispetto delle indicazioni fornite dal costruttore, non è inferiore a  $-25^{\circ}\text{C}$ .

La progettazione è improntata all'ottimizzazione del tracciato di posa in funzione del costo del cavo in opera, tenendo in particolare considerazione la riduzione dei tempi e dei costi di realizzazione. Non risultano noti in questa fase altri servizi esistenti nel sottosuolo, quali: acquedotti, cavi elettrici o telefonici, cavi dati, fognature ecc.

Per maggiori dettagli relativi alle sezioni degli scavi si rimanda all'elaborato "C23EOSW00G025T00\_Sezioni tipiche cavidotti".

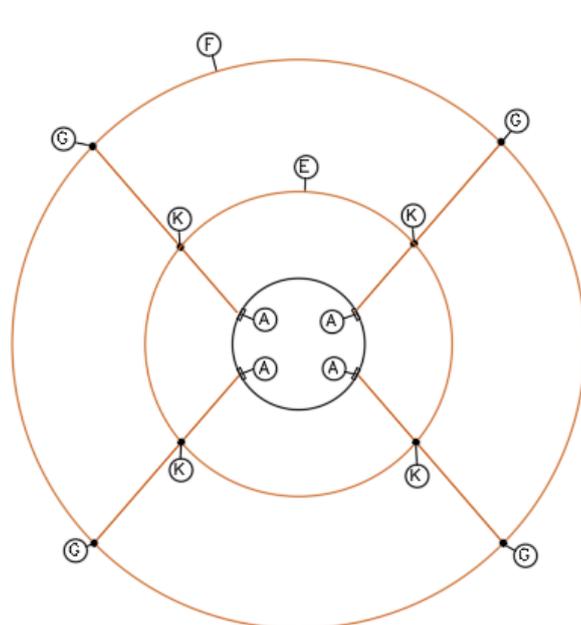
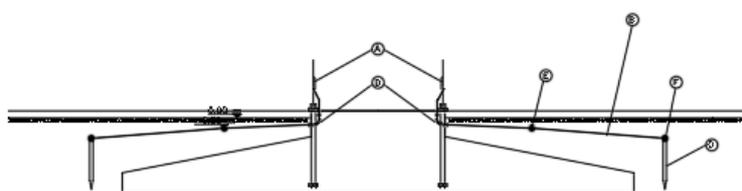
## 9. IMPIANTO DI TERRA

L'impianto di terra dell'impianto eolico sarà costituito da doppi anelli circolari in corda di rame nudo da  $70\text{ mm}^2$  posti attorno ai singoli aerogeneratori. Gli anelli saranno fatti nel seguente modo:

- Anello interno:  $r = 15\text{m}$  interrato a una profondità di  $0.5\text{m}$ ;
- Anello esterno:  $r = 28\text{m}$  interrato a una profondità di  $1\text{m}$ .

I due anelli saranno collegati tra loro in 4 punti tramite corda in rame nudo da  $70\text{mm}^2$ .

L'anello esterno degli aerogeneratori sarà dotato di 4 dispersori a picchetto circolare in rame di diametro  $2.5\text{cm}$  e lunghezza  $6\text{m}$ .



- Ⓐ Barre di collegamento equipotenziale
- Ⓑ Corda di rame nudo 70 mm<sup>2</sup>
- Ⓓ Corrugato flessibile PVC ( solo per corda di terra)
- Ⓔ Anello interno (corda di rame nudo 70 mm<sup>2</sup>)
- Ⓕ Anello esterno (corda di rame nudo 70 mm<sup>2</sup>)
- Ⓖ Dispersore di terra (picchetto tondo rame 6 m)
- Ⓚ Connessione di anello

**Figura 8 - Dettaglio della rete di terra della turbina eolica**

I collegamenti tra i singoli aerogeneratori verranno effettuati tramite corda in rame nudo da 70mm<sup>2</sup> interrata alla profondità di 1.36m.

L'impianto di terra della sottostazione elettrica 150/30 kV è costituito da una maglia 2x2m fatta da una corda di rame nudo di sezione 70 mm<sup>2</sup>. Tutte le apparecchiature in AT sono collegate a tale rete in due punti.

Tutti gli elementi all'interno degli edifici sono messi a terra tramite barre collettrici, le quali sono poi connesse alla maglia primaria tramite corda di rame isolata di sezione 120 mm<sup>2</sup> e picchetti all'interno di pozzetti ispezionabili di dimensioni 2.5 cm x 6 m.

Ai vertici della maglia primaria sono disposti altri picchetti della stessa dimensione, sempre all'interno di pozzetti ispezionabili.

L'area BESS sarà dotata di apposito sistema di terra realizzato con conduttori di rame nudo da 70 mm<sup>2</sup> interrati e dispersori di diametro 2.5 cm. Ogni apparecchiatura sarà dotata di collettore di terra per il collegamento delle apparecchiature.

Per maggiori dettagli relativi all'impianto di terra si rimanda agli elaborati:

- "C23EOSW002G027T00\_Rete di terra impianto eolico.pdf"
- "C23EOSW002G030T00\_SSE – Rete di terra.pdf"

### 10. SOTTOSTAZIONE ELETTRICA DI TRASFORMAZIONE 150/30 KV

L'energia prodotta dall'impianto eolico sarà convogliata alla Sottostazione Utente di Trasformazione MT/AT, dove la tensione viene innalzata da 30 kV a 150 kV per il successivo collegamento in antenna a 150 kV alla nuova Stazione Elettrica della RTN 380/150kV.

La sottostazione di trasformazione 150/30 kV avrà dimensioni 50.97x40.08m.

La Sottostazione di Trasformazione MT/AT è costituita da:

- n° 1 stallo di trasformazione 150/30 kV (completo di trasformatore AT/MT);
- un edificio contenente: locale MT dove sono collocati i 3 quadri MT di arrivo provenienti dai clusters ed i 2 due quadri MT di arrivo dal sistema di accumulo; sala quadri di controllo e protezione della Sottostazione; locale destinato all'alloggiamento delle apparecchiature di misura dell'energia elettrica; locale dove è collocato il trasformatore dei servizi ausiliari; locale magazzino ed ufficio.

Lo stallo trasformatore adibito alla connessione dell'impianto in oggetto sarà costituito dalle seguenti apparecchiature:

- Trasformatore elevatore 150/30 kV da 70 MVA, ONAN-ONAF, gruppo YNd11;
- Scaricatori di sovratensione per reti a 150 kV con sostegno;
- Trasformatore di tensione induttivo con sostegno, per misure e protezione;
- Trasformatore di corrente con sostegno, per misure e protezione;
- Interruttore a comando unipolare 170kV;
- Sezionatore tripolare orizzontale con lame di terra;
- Terminale cavo AT.

La Sottostazione di Trasformazione 150/30 kV sarà opportunamente recintata e dotata di ingresso collegato al sistema viario più prossimo.

Per i dettagli relativi alla disposizione elettromeccanica delle apparecchiature e dei vari componenti della Sottostazione di progetto si rimanda all'elaborato:

"C23EOSW002G029T00\_SSE – Pianta prospetti e sezioni".

EVO S.R.L.



CODE

**C23EOSW002G006R00**

PAGE

20 di/of 20

Il Tecnico

Ing. Leonardo Sblendido

