

TITLE:

AVAILABLE LANGUAGE: IT

# COSTRUZIONE DELL'IMPIANTO EOLICO DI "TRAPANI 3"

## PROGETTO DEFINITIVO

### Relazione di calcolo preliminare degli impianti



File: GRE.EEC.R.24.IT.W.14703.00.029.00 - Relazione di calcolo preliminare degli impianti.pdf

REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED
00	18/12/2020	Prima emissione	D. Stangalino	E. Castiello D. Gradogna	L. Lavazza

**GRE VALIDATION**

	F. Accardi (GRE)	A. Puosi (GRE)
COLLABORATORS	VERIFIED BY	VALIDATED BY

PROJECT / PLANT <b>Trapani 3</b>	GRE CODE																			
	GROUP	FUNCION	TYPE	ISSUER	COUNTRY	TEC	PLANT				SYSTEM	PROGRESSIVE	REVISION							
	<b>GRE</b>	<b>EEC</b>	<b>R</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>I</b>	<b>T</b>	<b>W</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>9</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
CLASSIFICATION	<b>PUBLIC</b>					UTILIZATION SCOPE	<b>BASIC DESIGN</b>													

**INDEX**

1. INTRODUZIONE .....	3
1.1. DESCRIZIONE DEL PROPONENTE .....	3
1.2. CONTENUTI DELLA RELAZIONE .....	3
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE .....	4
3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	6
4. IMPIANTO EOLICO .....	6
5. DIMENSIONAMENTO DEI CAVI DI MEDIA TENSIONE.....	7
5.1. LINEE IN CAVO MT INTERNE AL PARCO EOLICO.....	7
5.2. LINEE IN CAVO MT DI COLLEGATO AL TRASFORMATORE ELEVATORE .....	9
6. DIMENSIONAMENTO DEL TRASFORMATORE ELEVATORE.....	10
7. DIMENSIONAMENTO DEI QUADRI DI MEDIA TENSIONE .....	10
8. VALUTAZIONE DELLA CADUTA DI TENSIONE .....	12
9. VALUTAZIONE DELLE PERDITE.....	14
9.1. PERDITE SULLE LINEE IN CAVO MT INTERNE AL PARCO EOLICO .....	14
9.2. PERDITE SUL TRASFORMATORE ELEVATORE.....	16
10. LOAD FLOW .....	16
11. CORTO CIRCUITO DI FASE .....	17
12. GUASTI A TERRA .....	17
13. ALLEGATI .....	18

## **1. INTRODUZIONE**

Stantec S.p.A., in qualità di Consulente Tecnico, è stata incaricata da Enel Green Power Solar Energy S.r.l. di redigere il progetto definitivo per la realizzazione di un nuovo impianto eolico denominato "Impianto eolico Trapani 3" e delle opere connesse, da ubicarsi nei comuni di Marsala (TP), Mazara del Vallo (TP), Salemi (TP) e Trapani (TP).

Si prevede che l'energia prodotta dagli aerogeneratori, attraverso il sistema di cavidotti interrati in media tensione a 33 kV, venga convogliata ad una sottostazione di trasformazione 220/33 kV, in condivisione con altri produttori, per l'innalzamento da media ad alta tensione. Si prevede che la sottostazione di trasformazione venga collegata alla stazione di smistamento RTN denominata "Partanna 2", di nuova realizzazione da parte dell'ente gestore di rete.

In sintesi, il presente progetto prevede:

- l'installazione di 30 nuovi aerogeneratori, in linea con gli standard più alti presenti sul mercato, per una potenza installata pari a 126 MW;
- la realizzazione delle fondazioni per gli aerogeneratori in progetto;
- la realizzazione di piazzole di montaggio degli aerogeneratori, di nuovi tratti di viabilità e l'adeguamento della viabilità esistente, al fine di garantire l'accesso per il trasporto degli aerogeneratori;
- la connessione degli aerogeneratori ad una sottostazione di trasformazione 220/33 kV, in condivisione con altri produttori, tramite cavidotti interrati a 33 kV e l'adeguamento della sottostazione di trasformazione, per la connessione alla stazione di smistamento RTN "Partanna 2".
- l'utilizzo temporaneo, attraverso opportuni adeguamenti, di aree per il Site Camp e per lo stoccaggio temporaneo (Temporary Storage Area).

Si evidenzia che l'elettrodotto in cavo interrato di connessione della sottostazione di trasformazione alla stazione RTN "Partanna 2", essendo lo stallo di alta tensione condiviso nella stazione Terna, è escluso dal presente progetto poiché in carico ad altri proponenti.

Il progetto è in linea con gli obiettivi nazionali ed europei per la riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> legate a processi di produzione di energia elettrica.

### **1.1. DESCRIZIONE DEL PROPONENTE**

Il soggetto proponente dell'iniziativa è Enel Green Power Solar Energy S.r.l., società iscritta alla Camera di Commercio di Roma che ha come Socio Unico la società Enel Green Power S.p.A., società del Gruppo Enel che dal 2008 si occupa dello sviluppo e della gestione delle attività di generazione di energia da fonti rinnovabili.

Enel Green Power è presente in 28 paesi nei 5 continenti con una capacità gestita di oltre 46 GW e più di 1.200 impianti.

In Italia, il parco di generazione di Enel Green Power è rappresentato dalle seguenti tecnologie rinnovabili: idroelettrico, eolico, fotovoltaico, geotermia. Attualmente nel Paese conta una capacità gestita complessiva di 14,6 GW.

### **1.2. CONTENUTI DELLA RELAZIONE**

Lo scopo della presente relazione tecnica è quello di descrivere i criteri di dimensionamento per la rete di media tensione interna all'impianto eolico e del trasformatore elevatore mt/at.

Si tratta di un impianto eolico, denominato Trapani 3, di nuova costruzione, composto da n. 30 nuove torri di generazione per una potenza complessiva di 126 MW. Per la connessione in alta tensione sarà allestito un nuovo stallo di trasformazione mt/at all'interno di una sottostazione utente condivisa con altri produttori e oggetto di progettazione e costruzione da parte di terzi.

La nuova sottostazione sarà connessa alla rete in alta tensione di RTN presso la stazione elettrica Partanna 2 di proprietà Terna, attraverso un elettrodotto in cavo interrato di nuova costruzione a 220 kV.

Il dimensionamento del cavidotto di alta tensione sarà a cura di altra società di progettazione.

## 2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il sito oggetto di studio nel presente elaborato è ubicato a circa 20 km a Sud-Est dal centro abitato di Trapani, nei comprensori comunali di Marsala, Mazara del Vallo, Salemi e Trapani.

La morfologia dell'area e delle zone limitrofe è contraddistinta da un territorio collinare privo di particolari complessità morfologiche. Il sito di interesse è infatti caratterizzato da colline di elevazione limitata (tra i 90 m s.l.m. ed i 210 m s.l.m.) con pendii dolci e poco scoscesi.

Il progetto ricade interamente nella provincia di Trapani, entro i confini comunali di Marsala, Mazara del Vallo, Salemi e Trapani e, in particolare, all'interno dei seguenti riferimenti cartografici:

- Foglio di mappa catastale del Comune di Marsala n° 135, 136, 137, 138, 165, 166, 167, 168, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 218, 219, 220, 221, 222, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 257, 273, 275;
- Foglio di mappa catastale del Comune di Mazara del Vallo n° 1,2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 18;
- Fogli di mappa catastale del Comune di Salemi n° 38,39;
- Fogli di mappa catastale del Comune di Trapani n° 296;
- Fogli I.G.M. in scala 1:25.000, codificati 257-III-NO "Paolini, 257-III-NE "Baglio Chitarra", 257-IV-SE "Borgo Fazio" e 257-I-SO "Vita";
- Carta tecnica regionale CTR in scala 1:10.000, fogli n° 605160, 606130, 617030 e 617040.

Di seguito è riportato l'inquadramento territoriale dell'area di progetto e la configurazione proposta su ortofoto:



Figura 2-1: Inquadramento generale dell'area di progetto

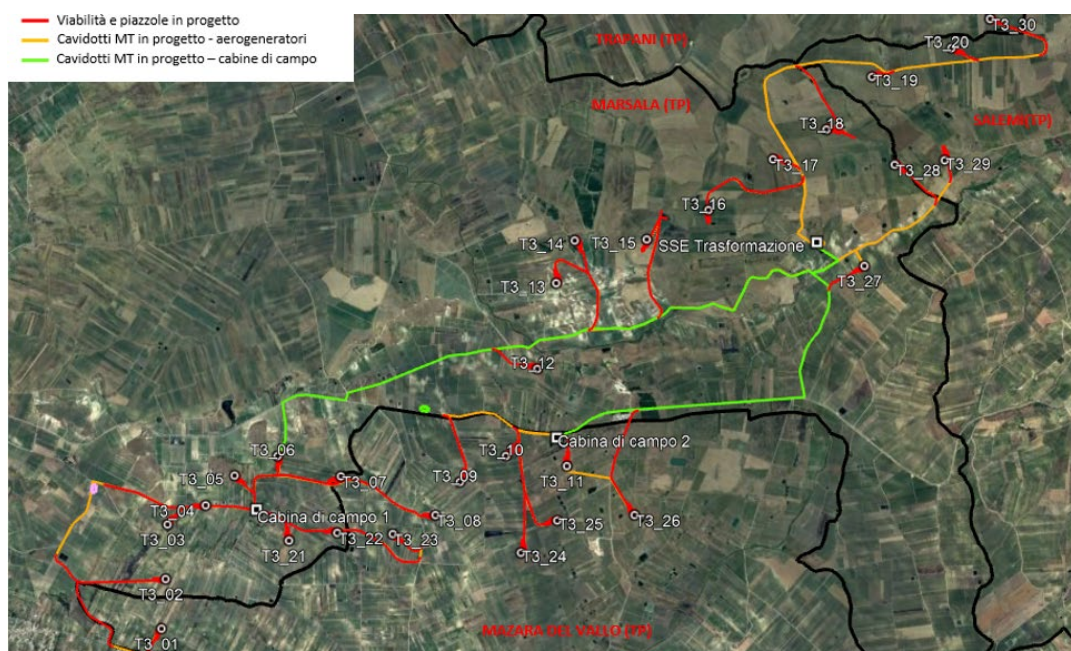


Figura 2-2: Configurazione proposta su ortofoto

Di seguito è riportato in formato tabellare un dettaglio sul posizionamento degli aerogeneratori in progetto, in coordinate WGS84 UTM fuso 33N:

Tabella 1: Coordinate aerogeneratori

WTG	Comune	Est [m]	Nord [m]	Altitudine [m s.l.m.]
T3_01	Mazara del Vallo	286256,00	4183837,00	134
T3_02	Marsala	286325,91	4184473,37	118
T3_03	Marsala	286368,22	4185172,98	134
T3_04	Marsala	286866,48	4185407,25	132
T3_05	Marsala	287248,88	4185780,02	150
T3_06	Marsala	287809,62	4186016,95	154
T3_07	Mazara del Vallo	288620,41	4185736,57	154
T3_08	Mazara del Vallo	289827,42	4185207,49	164
T3_09	Mazara del Vallo	290153,85	4185622,91	92
T3_10	Mazara del Vallo	290756,21	4185943,28	106
T3_11	Mazara del Vallo	291538,88	4185793,02	110
T3_12	Marsala	291189,00	4187051,00	108
T3_13	Marsala	291461,00	4188146,00	148
T3_14	Marsala	291714,00	4188688,00	104
T3_15	Marsala	292643,32	4188678,75	140
T3_16	Marsala	293449,01	4189036,01	106
T3_17	Marsala	294297,00	4189667,00	154
T3_18	Marsala	294997,00	4190032,00	164
T3_19	Salemi	295602,00	4190693,00	170
T3_20	Salemi	296635,79	4191036,97	190



<b>T3_21</b>	Marsala	287930,52	4184926,36	148
<b>T3_22</b>	Marsala	288554,25	4185010,58	130
<b>T3_23</b>	Mazara del Vallo	289270,56	4184976,88	142
<b>T3_24</b>	Mazara del Vallo	290917,50	4184694,13	104
<b>T3_25</b>	Mazara del Vallo	291396,82	4185097,16	102
<b>T3_26</b>	Mazara del Vallo	292395,37	4185142,39	118
<b>T3_27</b>	Marsala	295442,48	4188266,71	202
<b>T3_28</b>	Marsala	295865,79	4189557,47	186
<b>T3_29</b>	Salemi	296511,93	4189597,49	208
<b>T3_30</b>	Trapani	297144,38	4191400,03	202

### 3. **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Nella stesura della presente relazione tecnica, sono state seguite le prescrizioni indicate e applicabili al caso specifico dalle seguenti norme:

- ✓ Guida CEI 0-2 II Ed. 2002, "Guida per la definizione della documentazione di progetto per gli Impianti Elettrici".
- ✓ Norma CEI EN 61936-1, "Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a.
- ✓ Parte 1: Prescrizioni comuni".
- ✓ Norma CEI EN 50522, "Messa a terra degli impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a".
- ✓ Norma CEI 11-17, "Linee in cavo".
- ✓ Norma IEC 62271-200, "A.C. metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV".
- ✓ Norma CEI 64-8, "Impianti elettrici utilizzatori".
- ✓ Norma CEI EN 60076, "Trasformatori di potenza".
- ✓ Norma 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".
- ✓ Codice di rete Terna

### 4. **IMPIANTO EOLICO**

Il progetto di costruzione dell'impianto eolico consiste nell'installazione di n. 30 torri di generazione eolica di nuova costruzione, ciascuna equipaggiata con generatore asincrono in bassa tensione 800 V da 4,2 MW, collegato in serie ad un convertitore di frequenza per il controllo della conversione da frequenza variabile del generatore a frequenza fissa della rete, con i desiderati livelli di potenza attiva e reattiva, interruttore principale, servizi ausiliari, trasformatore elevatore a 33 kV e quadro di media tensione (36 kV isolamento) per la connessione esterna.

Tutte le suddette apparecchiature sono installate sulla navicella in quota sulla torre di generazione.

#### Trasformatore elevatore singolo generatore eolico

Tensione primaria	33 kV $\pm 2 \times 2,5\%$ a vuoto
Potenza nominale	4,7 MVA
Gruppo vettoriale	YNd11
Tensione secondaria	0,800 kV
Tensione di corto circuito	8%
Sistema di raffreddamento	AN/AF (resina)
Perdite cc	29,5 kW (valore ipotizzato)

Generatore eolico

Tipologia	asincrono
Potenza	4,2 MW
Tensione	800 V
Fattore di potenza	0,9
Contributo alla c.c.	4 In

La massima potenzialità del parco eolico sarà di 126 MW.

Il parco eolico sarà suddiviso in n. 10 sottocampi composti da 2, 3 o 4 aerogeneratori collegati in entra-esce con linee in cavo e connessi al quadro di media tensione installato all'interno del fabbricato della sottostazione di trasformazione.

Saranno previste due cabine di impianto per la connessione di alcuni sottocampi e precisamente:

Cabina impianto 1 alla quale saranno connessi i seguenti sottocampi:

- Sottocampo 1: aerogeneratori T3\_04-T3\_02-T3\_03-T3\_01
- Sottocampo 2: aerogeneratori T3\_05-T3\_06-T3\_07-T3\_08
- Sottocampo 6: aerogeneratori T3\_21-T3\_22-T3\_23

Cabina impianto 2 alla quale saranno connessi i seguenti sottocampi:

- Sottocampo 10: aerogeneratori T3\_11-T3\_26
- Sottocampo 7: aerogeneratori T3\_25-T3\_24
- Sottocampo 3: aerogeneratori T3\_10-T3\_09

Alla sottostazione di trasformazione saranno connessi n.6 elettrodotti che convogliano l'energia prodotta:

- Elettrodotto 1: da cabina impianto 1
- Elettrodotto 2: da cabina impianto 2
- Elettrodotto 3: sottocampo 4: aerogeneratori T3\_15-T3\_14-T3\_13-T3\_12
- Elettrodotto 4: sottocampo 5: aerogeneratori T3\_16-T3\_17-T3\_18
- Elettrodotto 5: sottocampo 8: aerogeneratori T3\_19-T3\_20-T3\_30
- Elettrodotto 6: sottocampo 9: aerogeneratori T3\_27-T3\_28-T3\_29

## **5. DIMENSIONAMENTO DEI CAVI DI MEDIA TENSIONE**

### **5.1. LINEE IN CAVO MT INTERNE AL PARCO EOLICO**

Saranno impiegati cavi unipolari con conduttore in alluminio, isolamento in polietilene di tipo XLPE, ridotto spessore di isolamento, schermo in nastro di alluminio e rivestimento esterno in poliolefine tipo DMZ1, aventi sigla ARE4H5E tensione di isolamento 18/30 kV.

Le caratteristiche del cavo sono le seguenti:

Sezione	1x300 mm <sup>2</sup>	1x630 mm <sup>2</sup>
Resistenza a 90°C:	0,129 Ω/km	0,060 Ω/km
Reattanza:	0,103 Ω/km	0,092 Ω/km
Capacità:	0,311 μF/km	0,423 μF/Km
Portata nominale Iz	480 A	606 A





Verifica della portata  $I_b < I_{zeff}$

La corrente di impiego è sempre inferiore alla portata dei cavi utilizzati.

Tempo di intervento protezioni 0,35 s soglia di corto circuito ritardato (51)

Massima c.c. sopportabile  $I = KS/\sqrt{t} = 46,65 \text{ kA cavo } 1 \times 300 \text{ m}^2$

Massima c.c. sopportabile  $I = KS/\sqrt{t} = 97,9 \text{ kA cavo } 1 \times 630 \text{ m}^2$

## 5.2. LINEE IN CAVO MT DI COLLEGATO AL TRASFORMATORE ELEVATORE

Saranno impiegati cavi con conduttore in rame, isolamento HEPR di qualità G7, schermo in di rame e rivestimento esterno in PVC qualità Rz, aventi sigla RG7H1R tensione di isolamento 18/30 kV.

Le caratteristiche del cavo sono le seguenti:

Tipo di cavo: unipolare – 18/30 kV

Isolamento: HEPR di qualità G7

Sezione:  $1 \times 630 \text{ mm}^2$

Resistenza:  $0,0429 \text{ } \Omega/\text{km}$

Reattanza:  $0,099 \text{ } \Omega/\text{km}$

Capacità:  $0,36 \text{ } \Omega/\text{km}$

Numero di cavi in parallelo 5 ogni fase

Portata nominale  $I_z$  860 A

Costante cavo  $K = 143$

Energia specifica passante  $1177,86 \times 10^6 \text{ A}^2\text{s}$

Condizioni di posa in cunicolo in passerella

Temperatura del terreno  $20 \text{ } ^\circ\text{C}$

Profondità di posa pari  $1,2 \text{ m}$

Resistività del terreno  $1 \text{ m } ^\circ\text{K/W}$

Coefficiente di correzione per la temperatura del terreno  $K_1=1$

Coefficiente di correzione per la profondità di posa  $K_2=0,96$

Coefficiente di correzione per resistività del terreno  $K_3=1$

Coefficiente di correzione per la vicinanza di altri circuiti  $K_4= 0,85$

Portata effettiva del cavo  $I_{zeff}$   $I_z * K_1 * K_2 * K_3 * K_4 = 701,76 \text{ A}$

Corrente di impiego  $I_b$  3000 A (corrente nominale quadro mt)

Verifica della portata  $I_b < I_{zeff} \rightarrow 3000 \text{ A} < 5 * 701,76 = 3508,80 \text{ A}$

Tempo di intervento protezioni 0,5 s soglia di corto circuito ritardato (51)

Massima c.c. sopportabile  $I = KS/\sqrt{t} = 127,41 \text{ kA}$

## 6. DIMENSIONAMENTO DEL TRASFORMATORE ELEVATORE

Il trasformatore elevatore della sottostazione elettrica sarà dimensionato per poter evacuare la seguente potenza:

- Impianto eolico Trapani 2: 126 MW

Il trasformatore sarà dimensionato per una potenza complessiva di 126 MW, a cui corrisponde una potenza apparente di 140 MVA (fattore di potenza 0,9). Considerando un margine di riserva del 10% si assume una potenza del trasformatore pari a 154 MVA con ventilazione ONAN. La potenza con ventilazione forzata ONAF sarà definita in fase di progettazione esecutiva (\*).

Il trasformatore sarà dotato di variatore sottocarico sul lato primario per la regolazione di tensione con  $\pm 10 \times 1,25\%$  posizioni.

Pertanto, le caratteristiche principali del trasformatore elevatore sono:

Tensione primaria	220 kV
Variatore primario	$\pm 10 \times 1,25\%$
Potenza nominale	154/(*) MVA
Gruppo vettoriale	YNd11
Tensione secondaria	33 kV
Tensione di corto circuito	13%
Sistema di raffreddamento	ONAN/ONAF
Perdite cc	500,5 kW a potenza nominale (0,325% - valore ipotizzato)
Corrente primaria	404,6 A
Corrente secondaria	2694,38 A

## 7. DIMENSIONAMENTO DEI QUADRI DI MEDIA TENSIONE

Il quadro di media tensione della sottostazione sarà dimensionato per consentire la connessione delle seguenti linee:

- Sottocampi dall'impianto eolico (6 linee)
- Linea di connessione a futuro shunt reactor da 5 MVA
- Linea di connessione a futuro bank capacitor da 5 MVar
- Linea di alimentazione del trasformatore dei servizi ausiliari
- Linea di collegamento al trasformatore elevatore

Tenendo conto di:

- massima potenza da evacuare,
- contributo alla presunta corrente di corto circuito da parte della rete in AT, attraverso il trasformatore, e dei generatori eolici,

il quadro sarà dimensionato per i seguenti valori di riferimento:

- Tensione di isolamento 36 kV
- Corrente nominale 3000 A
- Corrente simmetrica di c.c. 31,5 kA

- Corrente di picco 80 kA
- Tipologia LSC2B

La corrente nominale del quadro risulta superiore alla corrente nominale del trasformatore.

Il quadro di media tensione delle cabine di impianto sarà dimensionato per consentire la connessione delle seguenti linee:

- Sottocampi dall'impianto eolico (3 linee)
- Linea di collegamento alla sottostazione
- Partenza trasformatore servizi ausiliari

Tenendo conto di:

- massima potenza da evacuare,
- contributo alla presunta corrente di corto circuito da parte della rete a cui è collegato (rete AT, generatori eolici)

il quadro sarà dimensionato per i seguenti valori di riferimento:

- Tensione di isolamento 36 kV
- Corrente nominale 1250 A
- Corrente simmetrica di c.c. 25 kA
- Corrente di picco 62,5 kA
- Tipologia LSC2B

La corrente nominale del quadro risulta superiore alla corrente nominale determinata dalla massima potenza da evacuare (898,13 A per la cabina 1 e 498,98 A per la cabina 2).

## 8. VALUTAZIONE DELLA CADUTA DI TENSIONE

Per la valutazione della caduta di tensione sui singoli elettrodotti sono stati considerati i parametri riportati nella seguente tabella:

### Sottocampo 1

DA	A	Lunghezza [m]	Sezione [mm2]	Corrente transitante	Cdt%
T3_01	T3_02	3313	1x300	81,65 A	0,228
T3_02	T3_03	4295	1x300	163,30 A	0,592
T3_03	T3_04	2853	1x300	244,94 A	0,59
T3_04	CABINA 1	817	1x630	326,59 A	0,132
					<b>1,542</b>

### Sottocampo 2

DA	A	Lunghezza [m]	Sezione [mm2]	Corrente transitante	Cdt%
T3_08	T3_07	2057	1x300	81,65 A	0,142
T3_07	T3_06	1360	1x300	163,30 A	0,187
T3_06	T3_05	1353	1x300	244,94 A	0,28
T3_05	CABINA 1	690	1x630	326,59 A	0,111
					<b>0,720</b>

### Sottocampo 6

DA	A	Lunghezza [m]	Sezione [mm2]	Corrente transitante	Cdt%
T3_23	T3_22	2037	1x300	81,65 A	0,140
T3_22	T3_21	1203	1x300	163,30 A	0,166
T3_21	CABINA 1	681	1x300	244,94 A	0,141
					<b>0,447</b>

### Sottocampo 10

DA	A	Lunghezza [m]	Sezione [mm2]	Corrente transitante	Cdt%
T3_26	T3_11	1487	1x300	81,65 A	0,103
T3_11	CABINA 2	619	1x300	163,30 A	0,085
					<b>0,188</b>

### Sottocampo 7

DA	A	Lunghezza [m]	Sezione [mm2]	Corrente transitante	Cdt%
T3_24	T3_25	1680	1x300	81,65 A	0,116
T3_25	CABINA 2	2183	1x300	163,30 A	0,301
					<b>0,417</b>

### Sottocampo 3

DA	A	Lunghezza [m]	Sezione [mm2]	Corrente transitante	Cdt%
T3_09	T3_10	2645	1x300	81,65 A	0,182
T3_10	CABINA 2	1040	1x300	163,30 A	0,143
					<b>0,326</b>

Elettrodotto 1

DA	A	Lunghezza [m]	Sezione [mm2]	Corrente transitante	Cdt%
CABINA 1	SST	10010	<b>3x630</b>	898,13 A	1,478

Elettrodotto 2

DA	A	Lunghezza [m]	Sezione [mm2]	Corrente transitante	Cdt%
CABINA 1	SST	5875	<b>2x630</b>	489,89 A	0,710

Elettrodotto 3 (Sottocampo 4)

DA	A	Lunghezza [m]	Sezione [mm2]	Corrente transitante	Cdt%
T3_12	T3_13	3700	1x300	81,65 A	0,255
T3_13	T3_14	1415	1x300	163,30 A	0,195
T3_14	T3_15	4040	1x300	244,94 A	0,835
T3_15	SST	493	1x630	326,59 A	0,79
					<b>2,075</b>

Elettrodotto 4 (Sottocampo 5)

DA	A	Lunghezza [m]	Sezione [mm2]	Corrente transitante	Cdt%
T3_18	T3_17	3652	1x300	81,65 A	0,252
T3_17	T3_16	2340	1x300	163,30 A	0,323
T3_16	SST	2717	1x630	244,94 A	0,328
					<b>0,903</b>

Elettrodotto 5 (Sottocampo 8)

DA	A	Lunghezza [m]	Sezione [mm2]	Corrente transitante	Cdt%
T3_30	T3_20	2390	1x300	81,65 A	0,165
T3_20	T3_19	1953	1x300	163,30 A	0,269
T3_19	SST	4597	1x630	244,94 A	0,556
					<b>0,989</b>

Elettrodotto 6 (Sottocampo 9)

DA	A	Lunghezza [m]	Sezione [mm2]	Corrente transitante	Cdt%
T3_29	T3_28	1631	1x300	81,65 A	0,112
T3_28	T3_27	2434	1x300	163,30 A	0,336
T3_27	SST	1005	1x630	244,94 A	0,121
					<b>0,569</b>

Occorre evidenziare che le suddette cadute di tensione sono state calcolate considerando come potenza erogabile, la massima potenza dei generatori (4,2 MW), trascurando l'assorbimento degli ausiliari e le perdite sul trasformatore elevatore di ciascuna torre.

Le reali cadute di tensione saranno inferiori ai valori indicati.

## 9. VALUTAZIONE DELLE PERDITE

### 9.1. PERDITE SULLE LINEE IN CAVO MT INTERNE AL PARCO EOLICO

Per la valutazione delle perdite di trasporto (perdite per effetto Joule) sui singoli elettrodotti sono stati considerati i seguenti parametri:

Lunghezze:

vedere capitolo 8

Resistenza dei cavi:

vedere paragrafo 5.1

Corrente di impiego delle condutture:

corrispondente alla massima potenza erogabile (4,2 MW) con fattore di potenza 0,9, quindi trascurando la potenza assorbita dagli ausiliari di ogni singolo generatore e le perdite sul trasformatore elevatore di ogni singola torre eolica. Far riferimento al capitolo 8.

Sottocampo 1

DA	A	Sezione [mm <sup>2</sup> ]	Perdite in linea [kW]	Perdite %
T3_01	T3_02	1x300	8,547	
T3_02	T3_03	1x300	44,322	
T3_03	T3_04	1x300	66,244	
T3_04	CABINA 1	1x630	15,686	
			<b>134,799</b>	<b>0,802</b>

Sottocampo 2

DA	A	Sezione [mm <sup>2</sup> ]	Perdite in linea [kW]	Perdite %
T3_08	T3_07	1x300	5,307	
T3_07	T3_06	1x300	14,035	
T3_06	T3_05	1x300	31,415	
T3_05	CABINA 1	1x630	13,247	
			<b>64,004</b>	<b>0,381</b>

Sottocampo 6

DA	A	Sezione [mm <sup>2</sup> ]	Perdite in linea [kW]	Perdite %
T3_23	T3_22	1x300	5,255	
T3_22	T3_21	1x300	12,414	
T3_21	CABINA 1	1x300	15,812	
			<b>33,482</b>	<b>0,266</b>

Sottocampo 10

DA	A	Sezione [mm <sup>2</sup> ]	Perdite in linea [kW]	Perdite %
T3_26	T3_11	1x300	3,836	
T3_11	CABINA 2	1x300	6,388	
			<b>10,224</b>	<b>0,122</b>



Sottocampo 7

DA	A	Sezione [mm2]	Perdite in linea [kW]	Perdite %
T3_24	T3_25	1x300	4,334	
T3_25	CABINA 2	1x300	22,528	
			<b>26,862</b>	<b>0,32</b>

Sottocampo 3

DA	A	Sezione [mm2]	Perdite in linea [kW]	Perdite %
T3_09	T3_10	1x300	6,824	
T3_10	CABINA 2	1x300	10,732	
			<b>17,552</b>	<b>0,209</b>

Elettrodotto 1

DA	A	Sezione [mm2]	Perdite in linea [kW]	Perdite %
CABINA 1	SST	<b>3x630</b>	<b>484,463</b>	<b>1,049</b>

Elettrodotto 2

DA	A	Sezione [mm2]	Perdite in linea [kW]	Perdite %
CABINA 1	SST	<b>2x630</b>	<b>126,894</b>	<b>0,504</b>

Elettrodotto 3 (Sottocampo 4)

DA	A	Sezione [mm2]	Perdite in linea [kW]	Perdite %
T3_12	T3_13	1x300	9,546	
T3_13	T3_14	1x300	14,602	
T3_14	T3_15	1x300	93,805	
T3_15	SST	1x630	94,134	
			<b>212,086</b>	<b>1,262</b>

Elettrodotto 4 (Sottocampo 5)

DA	A	Sezione [mm2]	Perdite in linea [kW]	Perdite %
T3_18	T3_17	1x300	9,422	
T3_17	T3_16	1x300	24,148	
T3_16	SST	1x630	29,342	
			<b>62,912</b>	<b>0,499</b>

Elettrodotto 5 (Sottocampo 8)

DA	A	Sezione [mm2]	Perdite in linea [kW]	Perdite %
T3_30	T3_20	1x300	6,166	
T3_20	T3_19	1x300	20,154	
T3_19	SST	1x630	49,645	
			<b>75,966</b>	<b>0,603</b>

Elettrodotto 6 (Sottocampo 9)

DA	A	Sezione [mm <sup>2</sup> ]	Perdite in linea [kW]	Perdite %
T3_29	T3_28	1x300	4,208	
T3_28	T3_27	1x300	25,118	
T3_27	SST	1x630	10,854	
			<b>10,179</b>	<b>0,319</b>

Complessivamente si ha una perdita di trasmissione di 1289,427 kW.

**9.2. PERDITE SUL TRASFORMATORE ELEVATORE**

Per la valutazione delle perdite di trasporto sul trasformatore elevatore sono stati considerati i seguenti parametri:

Dati del trasformatore elevatore

vedere capitolo 6

Potenza transitante

Massima potenza erogabile dall'impianto dedotta delle perdite di trasmissione.

Perdite per effetto Joule:

TR1 405 kW

**10. LOAD FLOW**

I flussi di potenza dell'impianto eolico sono riportati nel documento "GRE.EEC.R.24.IT.W.14703.00.029.00 - Relazione di calcolo preliminare degli impianti - Allegato 1".

Essi sono stati calcolati considerando la piena potenza dei generatori eolici (4,2 MW  $\cos\phi=0,9$ ) decurtata delle perdite sul trasformatore elevatore di ogni torre (33 kV/800 V  $vcc\%=8\%$  perdite nel rame 0,628%) e del consumo degli ausiliari (41 kW).

La massima potenza netta immessa in rete da ogni generatore risulta essere pari a 4129 kW, per un totale di 123,87 MW.

Pertanto, considerando tutti i generatori in servizio con erogazione massima si ha una potenza complessiva evacuabile di 122,624 MW.

Complessivamente le perdite di trasmissione sono 1,246 MW (sulle linee e sui trasformatori elevatori delle torri).

Il variatore sottocarico del trasformatore elevatore è attestato nella posizione +5 per mantenere la tensione sul quadro di media tensione di raccolta a valori prossimi alla tensione nominale 33 kV (100%).

Il trasformatore elevatore della sottostazione in tale condizione è caricato al 86,52% (riferito a 154 MVA).

Le perdite per effetto Joule sul trasformatore sono di 423 kW.

La potenza immessa sulla rete AT risulta essere di 122,201 kW.

Non si evidenziato criticità sugli elettrodotti di collegamento dei sottocampi.

## 11. CORTO CIRCUITO DI FASE

Per la valutazione del corto circuito di fase sono stati considerati i seguenti parametri di rete:

### Rete alta tensione

Tensione nominale	220 kV
Tensione minima	-10%
Tensione massima	+10%
Massima corrente trifase	31,5 kA (valore ipotizzato)
Rapporto R/X	0,1
Minima corrente trifase	15 kA (valore ipotizzato)
Massima corrente monofase	31,5 kA
Tempo di eliminazione del guasto	0,5 s

I risultati dei calcoli di corto circuito sono riportati nel documento "GRE.EEC.R.24.IT.W.14703.00.029.00 - Relazione di calcolo preliminare degli impianti - Allegato 2", ipotizzando come punto di guasto le sbarre di alta tensione e i quadri di raccolta dei sottocampi.

La corrente di corto circuito trifase sul quadro di raccolta 33 kV della sottostazione (29,298 kA) è inferiore al valore di dimensionamento del quadro stesso (31,5 kA).

La corrente di corto circuito trifase sul quadro 33 kV della cabina 1 (21,678 kA) è inferiore al valore di dimensionamento del quadro stesso (25 kA).

La corrente di corto circuito trifase sul quadro 33 kV della cabina 2 (22,907 kA) è inferiore al valore di dimensionamento del quadro stesso (25 kA).

Le correnti di corto circuito sui cavi di media tensione sono inferiori alla massima corrente ammissibile da parte dei cavi stessi in funzione del tempo di intervento delle protezioni.

Il contributo dei generatori asincroni alla corrente di corto circuito lato 220 kV risulta essere pari a 939 A.

## 12. GUASTI A TERRA

La sezione di alta tensione sottostazione è esercita con il neutro connesso direttamente a terra come da prescrizioni del codice di rete di Terna.

La sezione di media tensione dell'impianto eolico è esercita con il neutro isolato.

Il contributo alla corrente di guasto monofase è determinato dalle capacità verso terra dei cavi di media tensione.

Utilizzando la formula approssimata delle norme CEI, la corrente di guasto monofase a terra è calcolabile con la seguente formula  $I_g = 0,2 * L * V$  [A]

dove

L = lunghezza delle linee della rete elettrica in km

V = tensione di esercizio in kV

Pertanto, la corrente di guasto a terra risulta essere pari a 6,6 A/km.

Complessivamente sull'impianto si ha uno sviluppo di cavi di media tensione pari a 82,975 km e pertanto la corrente di guasto a terra massima potrebbe essere pari a 548 A.

Tale corrente sarà opportunamente rilevata con protezioni direzionali di guasto a terra (67N).

**13. ALLEGATI**

- Calcoli di Load Flow: prima pagina a seguire nel documento
- Calcoli di Corto Circuito: seconda pagina a seguire nel documento