

VENTO SOLARE SRL
 VIA DELLA CHIMICA 103 - 85100
 POTENZA
 P.IVA 01981860768
ventosolaresrl@pec.it
 AVAILABLE LANGUAGE: IT



CODE
SCS.DES.R.ELE.ITA.W.6411.001.00

PAGE
 1 di/of 19

IMPIANTO EOLICO SERRACAPRIOLA COMUNI DI SERRACAPRIOLA (FG)

Relazione tecnica/descrittiva di calcolo elettrico

File name: SCS.DES.R.ELE.ITA.W.6411.001.00_RELAZIONE TECNICA-DESCRITTIVA DI CALCOLO ELETTRICO

00	16/11/2023	EMISSIONE	SCS INGEGNERIA V.Decarolis	SCS INGEGNERIA S.Miccoli	SCS INGEGNERIA A.Sergi
REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED
IMPIANTO / Plant IMPIANTO EOLICO SERRACAPRIOLA		CODE			
GROUP	FUNCTION	TYPE	DISCIPLINE	COUNTRY	TEC
SCS	DES	R	E L E I T A	W	6 4 1 1 0 0 1 0 0
CLASSIFICATION:			UTILIZATION SCOPE : PROGETTO DEFINITIVO		

INDICE

1. INTRODUZIONE	4
2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	5
3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
4. INQUADRAMENTO TERRITORIALE	6
5. DESCRIZIONE DEL PROGETTO	10
6. DIMENSIONAMENTO DEI CAVI AT 36 KV	14
6.1. CRITERIO DELLA MASSIMA CORRENTE AMMISSIBILE	14
6.2. CRITERIO DELLA CADUTA DI TENSIONE	18

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 - Localizzazione dell'area di impianto nel contesto nazionale	6
Figura 2 - Localizzazione dell'area di impianto a livello regionale	7
Figura 3 - Individuazione su ortofoto	7
Figura 4 – Individuazione su ortofoto dell'impianto in progetto.....	8
Figura 5 – Individuazione su ortofoto dell'impianto BESS in progetto	9
Figura 6 - Schema di collegamento tra WTG -Area BESS - SE Terna.....	11
Figura 7 - Sezione scavi con terne cavi AT interni al parco eolico	12
Figura 8 - Sezione scavi con 3 terne cavi AT interno impianto eolico e due terne cavi AT di interconnessione tra collector cabin eolico e collector cabin BESS.....	13
Figura 9 - Sezione scavi con 2 terne cavi AT tra collector cabin eolico e collector cabin BESS e 3 terne cavi AT tra collector cabin BESS e stallo RTN 36 kV	13
Figura 10 - Caratteristiche cavo utilizzato	15
Figura 11 – Tabella riassuntiva coefficienti K utilizzati e verifica portata sui cavi AT interni al parco eolico.....	17
Figura 12 – Tabella riassuntiva coefficienti K utilizzati e verifica portata sui cavi AT esterni al parco eolico.....	18
Figura 13 - Calcolo della caduta di tensione riscontrata per linea AT interna al parco eolico.....	19
Figura 14 - Calcolo della caduta di tensione riscontrata per linea AT esterna al parco eolico.....	19

1. INTRODUZIONE

La società Vento Solare S.r.l. è promotrice di un progetto che vede l'installazione di un impianto di generazione da fonte rinnovabile eolica integrato da un sistema di accumulo e relative opere di connessione, all'interno del territorio comunale di Serracapriola, in provincia di Foggia.

Nello specifico, l'impianto prevede la costruzione di sette aerogeneratori di potenza unitaria pari a 6MW, per una potenza complessiva di 42MW. Il sistema di accumulo invece è caratterizzato da una potenza pari a 12MW.

Il punto di connessione individuato per l'immissione dell'energia prodotta dall'impianto eolico integrato dal BESS, è individuato presso l'ampliamento 380/36 kV della costruenda stazione elettrica di trasformazione RTN 380/150 kV Torremaggiore da inserire in entra -esce alla linea RTN "San Severo 380 - Rotello 380", ubicata nel comune di Torremaggiore (provincia di Foggia).

In considerazione dell'allocazione dell'impianto BESS integrativo dell'impianto eolico in prossimità del punto di connessione su Rete di Trasmissione Nazionale suddetto, il vettoriamento dell'energia prodotta dalle torri eoliche verso il punto di connessione viene eseguito a mezzo di un cavidotto AT esercito a 36 kV che si sviluppa a partire dalla Collector Cabin di impianto sino alla Collector Cabin dell'impianto BESS attraversando i territori comunali di Serracapriola e Torremaggiore (entrambi appartenenti alla provincia di Foggia). Da quest'ultima, un cavidotto AT esercito a 36 kV s'attesta definitivamente allo stallo AT 36 kV assegnato all'interno della stazione 380/36 kV di Torremaggiore ai fini dello scambio d'energia con la Rete Elettrica di Trasmissione Nazionale.

<i>Progetto Wind Farm Serracapriola + BESS</i>	
Numero Turbine	7
Potenza Nominale Turbina	6 MW
Potenza Nominale Impianto Wind	42 MW
Potenza Nominale Impianto BESS	12 MW
Tensione sistema AT	36 kV

Tabella 1: Caratteristiche impianto wind integrato da impianto BESS

2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

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

- SCS.DES.D.ELE.ITA.W.6411.001.00 – Schema elettrico unifilare generale impianto eolico + BESS;
- SCS.DES.D.ELE.ITA.W.6411.008.00 – Schema tipo scavi alloggiamento cavidotti;
- SCS.DES.D.ELE.ITA.W.6411.009.00 – Planimetria inquadramento stallo AT 36 kV di connessione e area BESS.

3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nella redazione del presente progetto sono state e dovranno essere osservate anche in fase esecutiva dei lavori, le disposizioni di legge vigenti in materia e le norme tecniche CEI EN.

Si riportano di seguito, un elenco delle principali specifiche tecniche e norme di riferimento. S'intendono comprese nello stesso tutte le varianti, le modifiche ed integrazioni:

- 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) (03/2005);
- CEI EN 60909 (11-25) – Calcolo di cortocircuito nei sistemi trifasi in corrente alternata;
- IEC 60287: Electric cables – Calculation of the current rating (12/2006);
- CEI 11-17: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica – Linee in cavo (07/2006).

4. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

La società Vento Solare S.r.l. è promotrice del progetto che prevede l'installazione di un parco eolico da localizzarsi nel territorio comunale di Serracapriola (FG), e delle relative opere di connessione, presenti nei comuni di Serracapriola e Torremaggiore, entrambi appartenenti alla Provincia di Foggia.

La zona interessata dall'impianto si sviluppa in un'area collinare della Puglia sita a circa 16 km dalla costa Adriatica e 50 km a Nord-Est di Foggia, al confine con la Regione Molise.

Di seguito è riportato l'inquadrimento territoriale dell'area di progetto a livello nazionale, regionale e, di dettaglio su ortofoto.

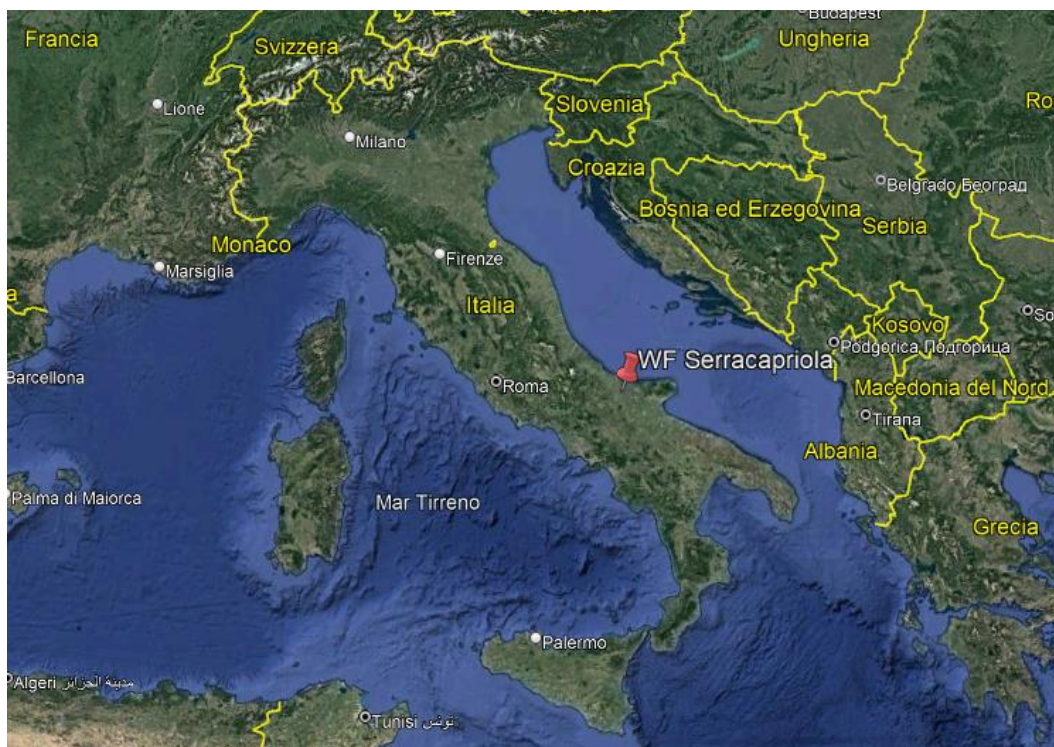


Figura 1 - Localizzazione dell'area di impianto nel contesto nazionale

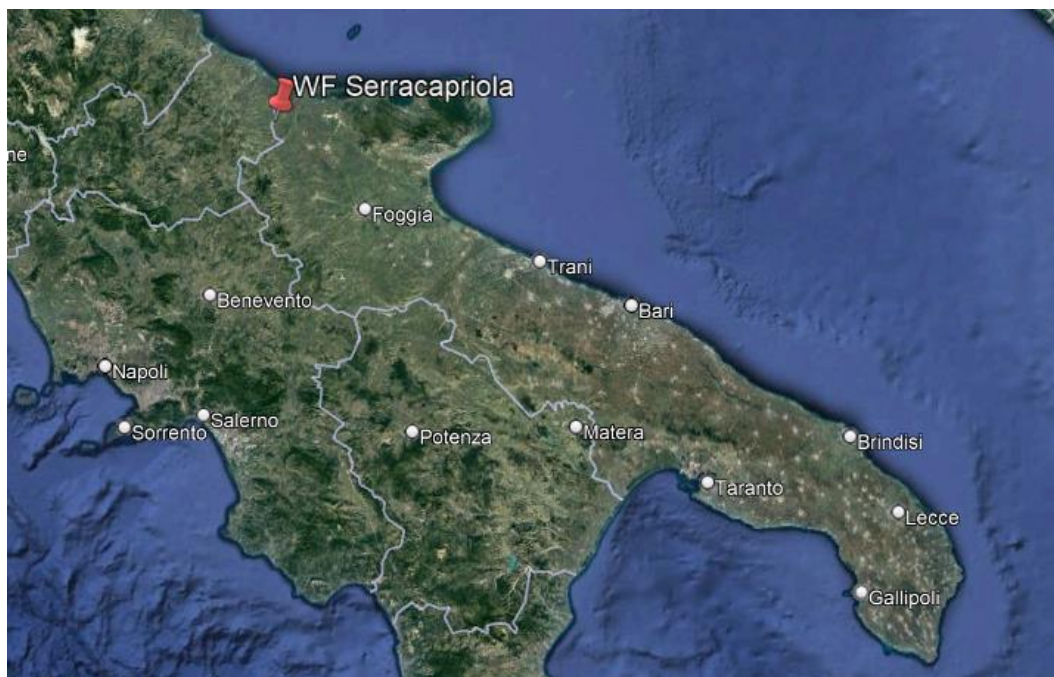


Figura 2 - Localizzazione dell'area di impianto a livello regionale

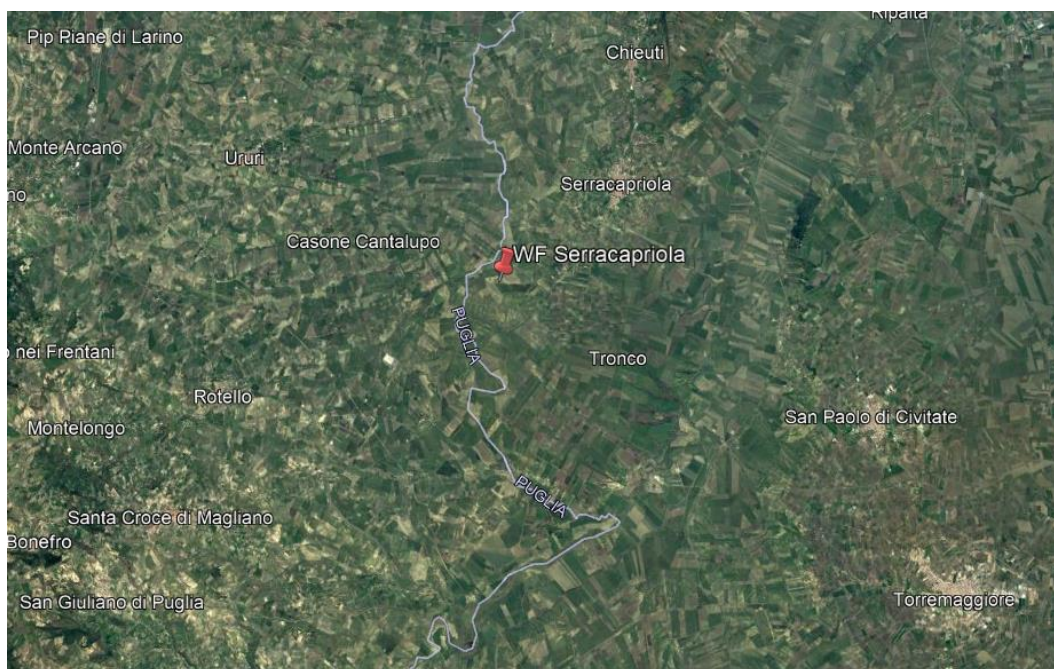


Figura 3 - Individuazione su ortofoto

In particolare, le aree proposte per la realizzazione degli aerogeneratori impegnano la zona agricola nell'intorno delle strade provinciali SP480 ed SP376, che consentono, rispettivamente, il raggiungimento delle strade di accesso al gruppo di aerogeneratori WTG 01/02 e WTG 03/04/05/06/07.

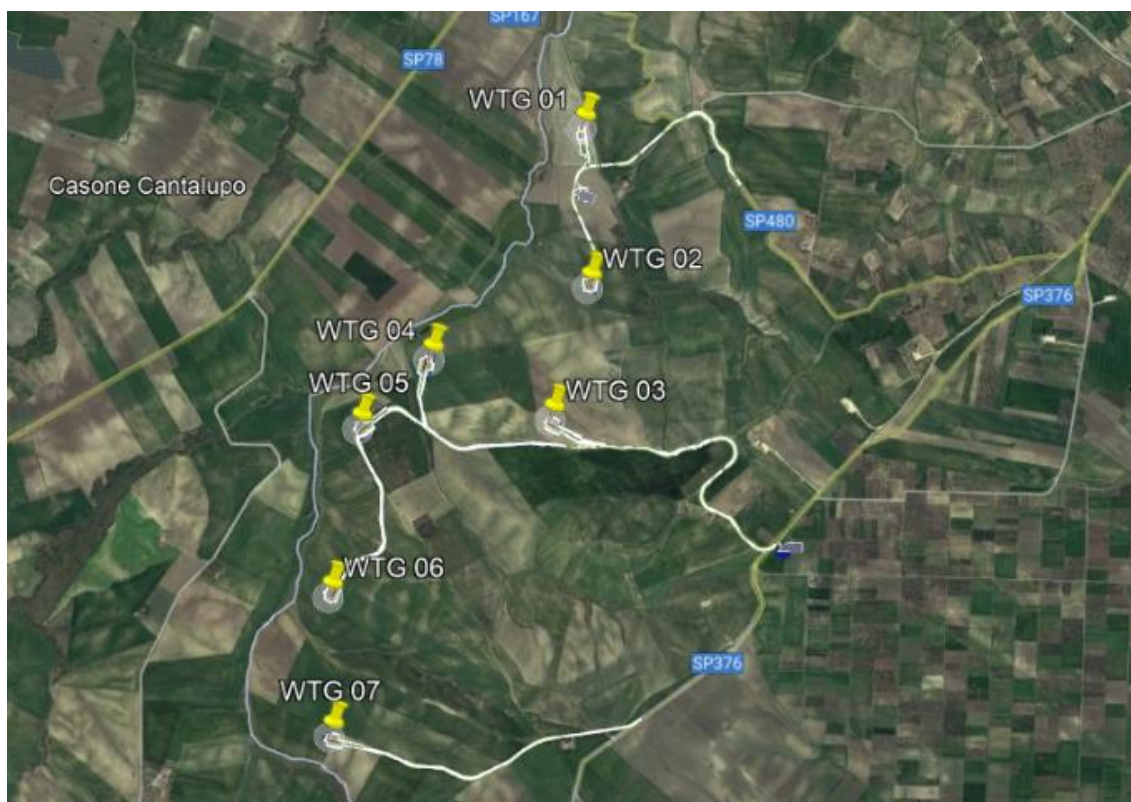


Figura 4 – Individuazione su ortofoto dell’impianto in progetto

Si rappresentano, a seguire, le coordinate geografiche degli aerogeneratori, nel sistema di riferimento UTM WGS 84 - FUSO 33N.

Si riportano, inoltre, i comuni, i fogli e le P.lle catastali su cui sono ubicate le torri eoliche.

SISTEMA DI RIFERIMENTO UTM WGS 84 - FUSO 33N			RIFERIMENTI CATASTALI		
Posizioni Aerogeneratori					
WTG	EST [m]	NORD [m]	COMUNE	FG	P.LLA
WTG 1	509825,14	4626986,16	SERRACAPRIOLA	31	102
WTG 2	509858,56	4626142,62	SERRACAPRIOLA	42	69
WTG 3	509662,00	4625446,02	SERRACAPRIOLA	42	22
WTG 4	509019,20	4625763,85	SERRACAPRIOLA	42	146
WTG 5	508644,91	4625399,56	SERRACAPRIOLA	42	29
WTG 6	508493,88	4624513,80	SERRACAPRIOLA	52	22
WTG 7	508501,91	4623783,32	SERRACAPRIOLA	52	13

Tabella 2: Coordinate delle torri eoliche dell’Impianto eolico di Serracapriola” con indicazioni catastali (Comune, Foglio e P.la catastale di appartenenza delle torri eoliche)

Come riportato precedentemente, il sistema di accumulo verrà realizzato nei pressi della stazione elettrica RTN di connessione di Torremaggiore RTN 380/150 kV da inserire in entra -esce alla linea RTN "San Severo 380 – Rotello 380", ubicata nel comune di Torremaggiore (provincia di Foggia).

L'impianto BESS è caratterizzato da una potenza nominale di 12 MW.



Figura 5 – Individuazione su ortofoto dell'impianto BESS in progetto

Si rappresentano, a seguire, le coordinate geografiche dell'area individuata per la costruzione dell'impianto BESS, nel sistema di riferimento UTM WGS 84 - FUSO 33N.

Si riporta, inoltre, Comune, Foglio e le P.lle catastali su cui insisterà tale area.

SISTEMA DI RIFERIMENTO UTM WGS 84 - FUSO 34N			RIFERIMENTI CATASTALI		
Posizione area BESS					
-	EST [m]	NORD [m]	COMUNE	FG	P.LLA
AREA BESS	514858,60	4618239.12	TORREMAGGIORE	7	91

Tabella 3: Coordinate dell'area individuata per l'installazione dell'Impianto BESS " con indicazioni catastali (Comune, Foglio e P.lle catastale di appartenenza)

5. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

L'intervento prevede l'installazione di n. 7 aerogeneratori, ognuno della potenza nominale di 6 MW per una potenza complessiva di 42 MW. Inoltre, come precedentemente descritto, l'impianto è integrato da un sistema di accumulo della potenza nominale di 12 MW.

Il progetto in questione prevede che ciascun aerogeneratore sia elettricamente interconnesso mediante un collegamento di tipo "entra-esce" attraverso un cavo AT all'aerogeneratore successivo, secondo quanto riportato nello schema unifilare presentato nel documento "SCS.DES.D.ELE.ITA.W.6411.001.00 - Schema elettrico unifilare generale impianto eolico + BESS". L'energia prodotta dagli aerogeneratori viene convogliata dapprima alla cabina elettrica di impianto eolico per poi essere trasportata verso il punto di connessione. Nello specifico il cavidotto in uscita dalla collector cabin di impianto eolico si attesta alla collector cabin dell'impianto BESS (posto in prossimità dello stallo RTN di connessione) e da questa viene effettuato il collegamento con il punto di connessione individuato per gestire lo scambio di energia con la rete di Trasmissione Nazionale, ossia l'ampliamento 380/36 kV della costruenda stazione elettrica di trasformazione RTN 380/150 kV Torremaggiore, da inserire in entra -esce alla linea RTN "San Severo 380 - Rotello 380", ubicata nel comune di Torremaggiore (provincia di Foggia):

Sia i cavidotti d'interconnessione fra gli aerogeneratori che i cavidotti di vettoriamento seguiranno un tracciato sia su strada esistente (strade comunali e/o provinciali) sia su nuova viabilità a servizio degli aerogeneratori di progetto.

La configurazione elettrica d'impianto prevede la realizzazione di 3 cluster di alta tensione, due di essi caratterizzati da n.3 WTG connesse in entra-esce e il terzo caratterizzato da una WTG. Il quadro AT dell'ultima WTG di ciascun cluster sarà connesso tramite un cavo AT al quadro AT della Collector Cabin di impianto. Per quanto riguarda l'impianto BESS, le transformer cabin dello stesso saranno dapprima interconnesse tra loro in entra-esce e dall'ultima di esse ci si attesterà alla collector cabin d'impianto BESS. Tra le due collector cabin (impianto eolico e impianto BESS) vi saranno due cavidotti di interconnessione. Tra l'impianto eolico e l'impianto BESS un cavidotto AT caratterizzato da due terne in parallelo da 630 mm² e tra l'impianto BESS e la RTN, un cavidotto AT caratterizzato da tre terne in parallelo da 500 mm².

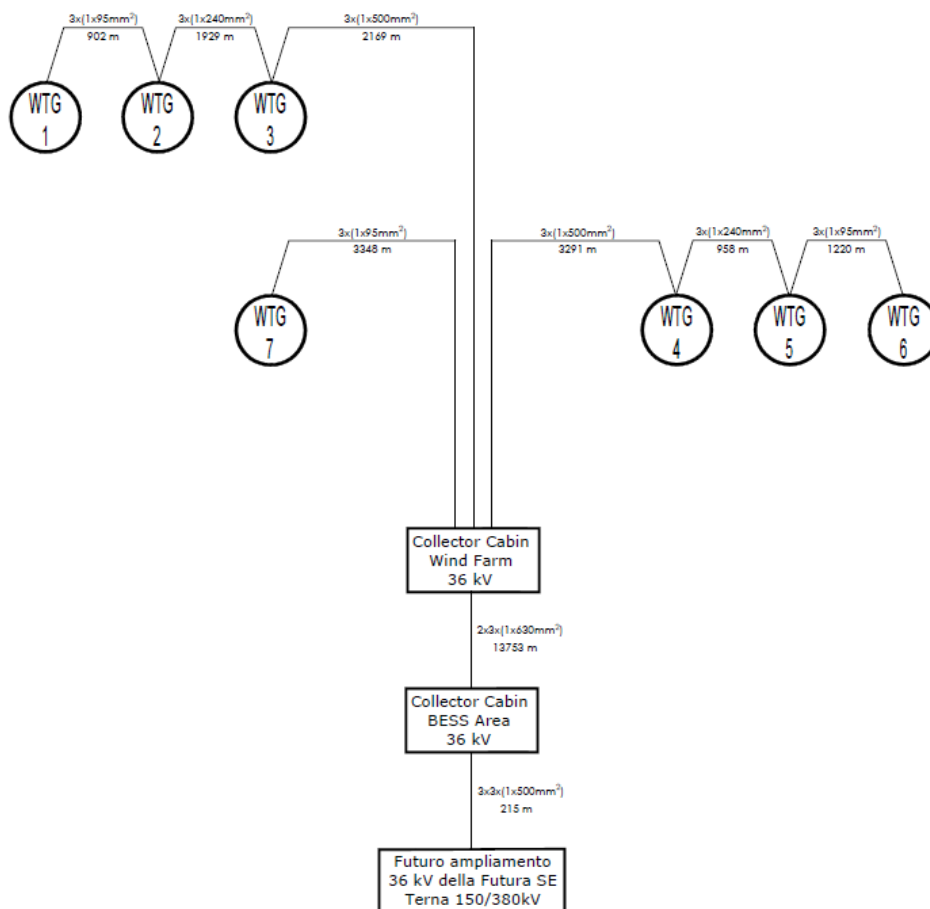


Figura 6 - Schema di collegamento tra WTG -Area BESS - SE Terna

I cavi AT all'interno delle trincee, saranno direttamente interrati e lo scavo avrà una profondità di 1,3 metri. La larghezza dello scavo sarà variabile in funzione del numero di terne.

Di seguito si riportano alcuni tipologici:

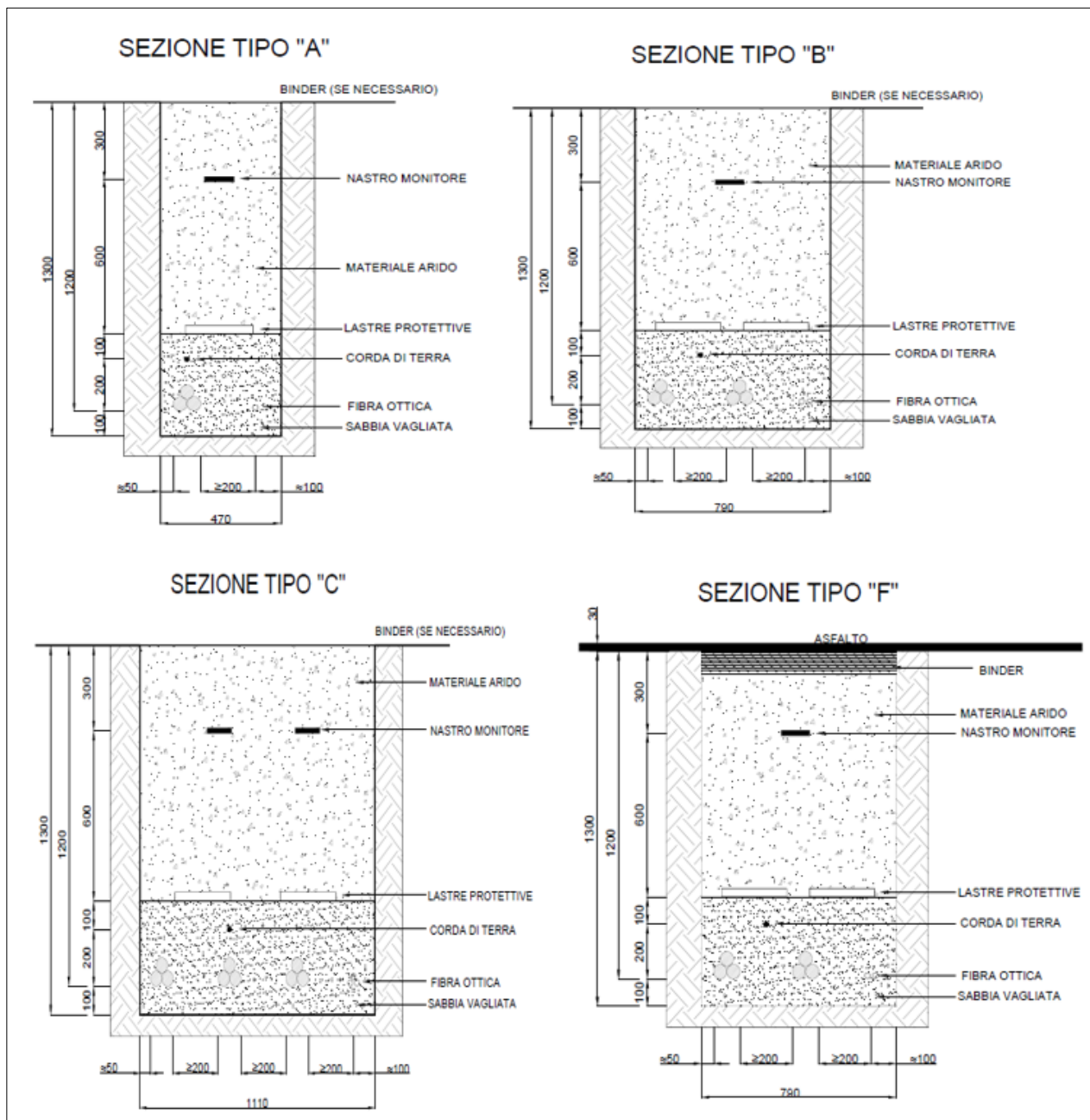


Figura 7 - Sezione scavi con terne cavi AT interni al parco eolico

SEZIONE TIPO "D"

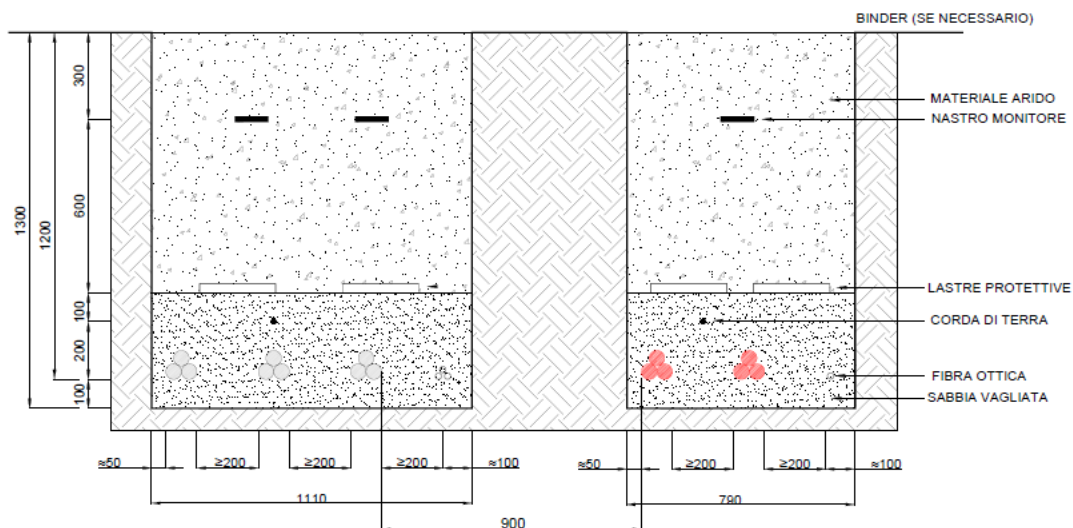


Figura 8 - Sezione scavi con 3 terne cavi AT interno impianto eolico e due terne cavi AT di interconnessione tra collector cabin eolico e collector cabin BESS

SEZIONE TIPO "G"

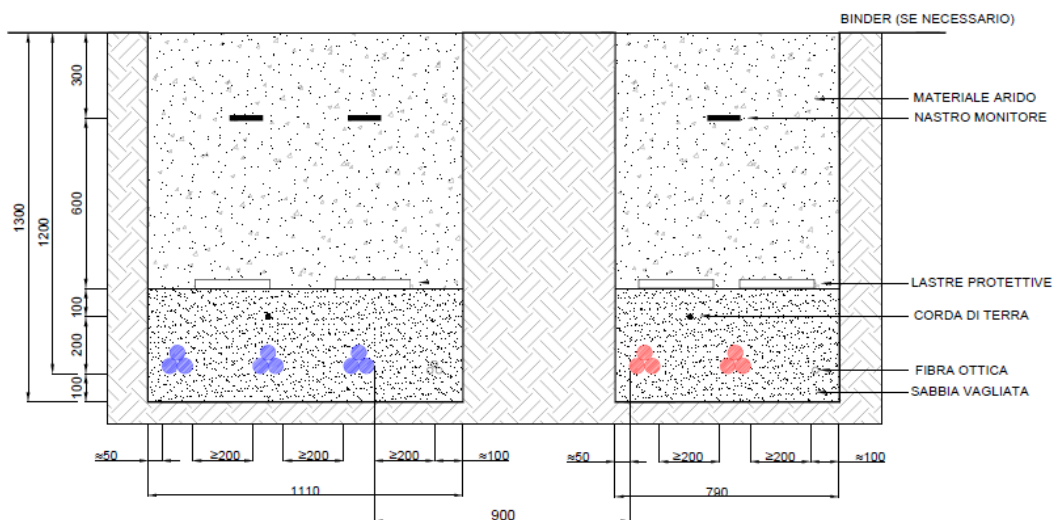


Figura 9 - Sezione scavi con 2 terne cavi AT tra collector cabin eolico e collector cabin BESS e 3 terne cavi AT tra collector cabin BESS e stallo RTN 36 kV

6. DIMENSIONAMENTO DEI CAVI AT 36 kV

Le linee AT interne ed esterne al parco eolico (interne tra aerogeneratori, interne tra aerogeneratori e collector cabin impianto eolico, esterne tra collector cabin impianto eolico e collector cabin impianto BESS e tra questa e la RTN) di interconnessione tra gli aerogeneratori, saranno realizzate con cavi eserciti a 36 kV direttamente interrati nel terreno e posati a trifoglio.

I cavi saranno installati in trincee della profondità variabile tra 1,3 metro o superiore, in relazione alle interferenze presenti in sito secondo il tracciato indicato negli elaborati grafici:

- SCS.DES.D.ELE.ITA.W.6411.002.00 - Inquadramento IGM cavidotto Impianto Eolico;
- SCS.DES.D.ELE.ITA.W.6411.003.00 - Inquadramento CTR cavidotto Impianto Eolico;
- SCS.DES.D.ELE.ITA.W.6411.004.00 - Inquadramento ORTOFOTO Impianto Eolico;
- SCS.DES.D.ELE.ITA.W.6411.005.00 - Inquadramento CATASTALE Impianto Eolico;
- SCS.DES.D.ELE.ITA.W.6411.008.00 - Schema tipo scavi alloggiamento cavidotti;
- SCS.DES.D.ELE.ITA.W.6411.006.00 - Planimetria interferenze cavidotto Impianto Eolico.
- SCS.DES.D.ELE.ITA.W.6411.007.00_PARTICOLARI TIPOLOGICI RISOLUZIONE INTERFERENZE CAVIDOTTO IMPIANTO EOLICO

Ai fini del dimensionamento dei circuiti suddetti, sono stati presi in considerazione il criterio di dimensionamento della massima corrente ammissibile e il criterio della caduta di tensione. Di seguito si riporta il dettaglio di calcolo.

6.1. CRITERIO DELLA MASSIMA CORRENTE AMMISSIBILE

Il calcolo della effettiva portata dei cavi a installarsi nell'impianto eolico integrato dal sistema BESS tiene conto della tipologia costruttiva del cavo, della tipologia di posa dei cavi e delle condizioni del sito in relazione alla posa stessa.

Le corrette condizioni di esercizio delle diverse tratte delle linee AT, sono state verificate con cavi unipolari di sezione 95, 240, 500 e 630 mm² caratterizzati da conduttore in alluminio e tensione nominale U₀/U: 20,8/36 kV, U_{max} pari a 42 kV.

Le condizioni di installazione dei cavi saranno le seguenti:

- Temperatura di funzionamento: 90 ° C
- Temperatura del terreno: 30 ° C
- Resistenza termica del terreno: 2 K*m/W
- Profondità di installazione: 1,2
- Separazione tra circuiti: 200 mm.
- Fattore di potenza: 0,90
- Frequenza: 50 Hz.
- Tensione nominale: 36 kV (U_m: 42 kV)

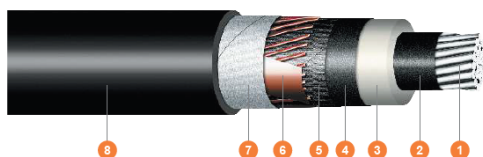
Per il calcolo delle sezioni dei circuiti sono state considerate le caratteristiche elettriche di un datasheet commerciale di un cavo tipo (N)A2XS(F)2Y avente tensione nominale U₀/U 20,8/36 kV, conduttore in alluminio e portata I₀ come di seguito indicate nella tabella:



(N)A2XS(F)2Y 20.8/36

Mittelspannungskabel mit VPE-Isolierung

Medium voltage cables with XLPE Insulation



Standard: in Anlehnung an DIN VDE 0276-620
 following DIN VDE 0276-620

Aufbau:

Design:

- 1** Aluminiumleiter
Aluminium conductor
- 2** Innere Leitschicht
Inner semi-conducting layer
- 3** VPE-Isolierung
XLPE insulation
- 4** Äußere Leitschicht
Outer semi-conducting layer
- 5** Bandierung
Tape
- 6** Kupferdrahtschirm aus Kupferdrähten und Kupferband
Copper wire screen and copper tape
- 7** Quellvlies
Water-blocking tape
- 8** PE-Mantel
PE outer sheath

Technische Daten:

Technical details:

Aderzahl und Nennquerschnitt <i>Number of cores and cross-section</i> mm ²	Leiterform <i>Shape of conductor</i>	Durchmesser des Leiters (ca.) <i>Conductor diameter (approx.)</i> mm	Nennwanddicke der Isolierung <i>Nominal insulation thickness</i> mm	Durchmesser über Isolation (ca.) <i>Diameter over insulation (approx.)</i> mm	Nennwanddicke des Mantels <i>Nominal sheath thickness</i> mm	Außendurchmesser (ca.) <i>Outer diameter (approx.)</i> mm	Biegeradius (min.) <i>Bending radius (min.)</i> mm	Gewicht (ca.) <i>Weight (approx.)</i> kg/km
1x50/16	RM	8.3	8.8	27.1	2.5	35	525	1074
1x70/16	RM	9.8	8.8	28.6	2.5	37	555	1181
1x95/16	RM	11.3	8.8	30.1	2.5	38	570	1307
1x120/16	RM	12.8	8.8	31.6	2.5	40	600	1430
1x150/25	RM	14.2	8.8	33.0	2.5	41	615	1634
1x185/25	RM	15.8	8.8	34.6	2.5	43	645	1802
1x240/25	RM	18.1	8.8	36.9	2.5	45	675	2038
1x300/25	RM	20.2	8.8	39.0	2.6	48	720	2294
1x400/35	RM	23.3	8.8	42.1	2.6	51	765	2808
1x500/35	RM	26.5	8.8	45.3	2.7	54	810	3235
1x630/35	RM	29.9	8.8	48.7	2.8	58	870	3763
1x800/35	RM	34.2	8.8	53.0	2.9	62	930	4439

Figura 10 - Caratteristiche cavo utilizzato

Poiché le condizioni di installazione dei cavi saranno quelle riportate ad inizio del presente paragrafo, le portate di corrente dei cavi selezionati non saranno quelle che si determinano in condizioni di installazione standard definite dai datasheet dei cavi. Pertanto, alla portata nominale I_o , in accordo alla norma IEC 60502-2, sono applicati dei fattori di correzione che tengono conto delle condizioni di posa dei cavi al fine di calcoliar appunto, la portata di corrente effettiva di ciascun cavo, indicata con I_z' .

$$I_z' = I_o \times K = I_o \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4$$

I fattori di correzione su citati sono standardizzati dalla norma IEC 60502-2. Nello specifico, sono stati utilizzati i seguenti fattori di correzione:

1. k_1 - Fattore di correzione della corrente nominale per temperatura del terreno diverse da 20°C:

Temperatura del terreno (°C)	Fattore K_1
30	0,93

2. k_2 - Fattore di correzione per gruppi di più circuiti installati nello stesso scavo (distanza 200 mm):

Numero di circuiti per gruppi	Fattore K_2
2	0,83
3	0,73

3. k_3 - Fattore di correzione per differenti valori di profondità di posa diversi da 0,8 m:

Profondità (m)	Fattore K_3	
	< 185 mm2	> 185 mm2
1,25	0,96	0,95

4. k_4 - Fattore di correzione per valori di resistività termica del terreno differenti da 1,5 ($k \cdot m/W$):

Resistività del terreno pari a 2 ($k \cdot m/W$)	
Sezione del cavo [mm ²]	Fattore K_4
95	0,89

240	0,88
500	0,88
630	0,88

La sezione del cavo scelto, è stata quindi determinata verificando il criterio seguente, ossia che la portata effettiva del cavo in condizioni di esercizio alle caratteristiche dell'ambiente di posa sia superiore alla corrente di impiego del cavo stesso:

$$I'z \geq Ib$$

Di seguito viene mostrata una tabella esplicativa di riferimento per il calcolo sopra riportato e relativa a ciascuna linea di alta tensione esercita a 36 kV:

CLUSTER 1		Derating Factors					TOTAL (Ktot)	Conductor nominal current capacity I _o (A)	Adjusted conductor current capacity I'z (A)	Admissible Current Verification Criteria
Connection WTG1 - WTG2 - WTG3 - CC	Size	For ground ambient temperatures different from 20 °C (K1)	For groups of three-phase circuits of single-core cables laid direct in the ground (K2)	For depths of laying other than 0,8 m for direct buried cables (K3)	For soil thermal resistivities other than 1,5 K ² m/W for direct buried single core-cables (K4)					
WTG1-WTG2	3x1x95 mm ²	0,93	0,83	0,98	0,89	0,67	223	150	OK	
WTG2-WTG3	3x1x240 mm ²	0,93	0,83	0,98	0,88	0,67	372	248	OK	
WTG3-CC	3x(1x500 mm ²)	0,93	0,83	0,95	0,88	0,65	547	353	OK	

CLUSTER 2		Derating Factors					TOTAL (Ktot)	Conductor nominal current capacity I _o (A)	Adjusted conductor current capacity I'z (A)	Admissible Current Verification Criteria
Connection WTG6 - WTG5 - WTG4 - CC	Size	For ground ambient temperatures different from 20 °C (K1)	For groups of three-phase circuits of single-core cables laid direct in the ground (K2)	For depths of laying other than 0,8 m for direct buried cables (K3)	For soil thermal resistivities other than 1,5 K ² m/W for direct buried single core-cables (K4)					
WTG6-WTG5	3x1x95 mm ²	0,93	0,83	0,98	0,89	0,67	223	150	OK	
WTG5 - WTG4	3x1x240 mm ²	0,93	0,83	0,98	0,88	0,67	372	248	OK	
WTG4 - CC	3x(1x500 mm ²)	0,93	0,83	0,95	0,88	0,65	547	353	OK	

CLUSTER 3		Derating Factors					TOTAL (Ktot)	Conductor nominal current capacity I _o (A)	Adjusted conductor current capacity I'z (A)	Admissible Current Verification Criteria
Connection WTG7 - CC	Size	For ground ambient temperatures different from 20 °C (K1)	For groups of three-phase circuits of single-core cables laid direct in the ground (K2)	For depths of laying other than 0,8 m for direct buried cables (K3)	For soil thermal resistivities other than 1,5 K ² m/W for direct buried single core-cables (K4)					
WTG7-CC	3x1x95 mm ²	0,93	0,73	0,95	0,89	0,57	223	128	OK	

Figura 11 – Tabella riassuntiva coefficienti K utilizzati e verifica portata sui cavi AT interni al parco eolico

EXTERNAL CABLE (Wind Farm to BESS Area)															
Connection CC - SS	Size	Derating Factors				TOTAL (Ktot)	Conduc- tor nominal current capacit y Io [A]	Adjuste d conduct or current capacity I'z [A]	Admissibl e Current Verificati on Criteria	Conduct ors per phase	Resista nce R [Ω/km] 90°C	Inducti ve reactan ce X [Ω/km]	Overall Impedan ce Z [Ω]	ΔV Voltage drop (%) File Calculat ion	Admissi ble Voltage Drop Verificat ion Criteria
		For ground ambient temperatures different from 20 °C (K1)	For groups of three-phase circuits of single-core cables laid direct in the ground (K2)	For depths of laying other than 0,8 m for direct buried cables (K3)	For soil thermal resistivities other than 1,5 K°m/W for direct buried single core- cables (K4)										
CC WIND - CC BESS	3 x (2 x 630 mm ²)	0,93	0,73	0,95	0,88	0,57	1244	706	OK	2	0,063	0,095	1,2311	1,93%	OK

EXTERNAL CABLE (BESS Area to RTN Grid)															
Connection CC - SS	Size	Derating Factors				TOTAL (Ktot)	Conduc- tor nominal current capacit y Io [A]	Adjuste d conduct or current capacity I'z [A]	Admissibl e Current Verificati on Criteria	Conduct ors per phase	Resista nce R [Ω/km] 90°C	Inducti ve reactan ce X [Ω/km]	Overall Impedan ce Z [Ω]	ΔV Voltage drop (%) File Calculat ion	Admissi ble Voltage Drop Verificat ion Criteria
		For ground ambient temperatures different from 20 °C (K1)	For groups of three-phase circuits of single-core cables laid direct in the ground (K2)	For depths of laying other than 0,8 m for direct buried cables (K3)	For soil thermal resistivities other than 1,5 K°m/W for direct buried single core- cables (K4)										
BESS AREA - SE 36 kV	3 x (3 x 600 mm ²)	0,93	0,73	0,95	0,88	0,57	1641	331	OK	3	0,079	0,098	0,0227	0,03%	OK

Figura 12 – Tabella riassuntiva coefficienti K utilizzati e verifica portata sui cavi AT esterni al parco eolico

6.2. CRITERIO DELLA CADUTA DI TENSIONE

Il calcolo della caduta di tensione eni circuiti AT 36 kV propri dell’impianto eolico integrato dall’impianto BESS è calcolato come segue:

$$\Delta V = \sqrt{3} \times L \times I \times (R \cdot \cos\varphi + X \cdot \sin\varphi)$$

Dove:

- ΔV = Caduta di tensione (V);
- L = Lunghezza del cavo (km);
- I = Corrente di impiego a pieno carico (A);
- R = Resistenza del conduttore (Ω/km) a 90°C;
- X = Reattanza del conduttore a 50 Hz (Ω/km).

La caduta di tensione percentuale, rispetto alla tensione nominale V, è data da:

$$\Delta V (\%) = (\Delta V / V) \times 100\%$$

È stato verificato che la caduta di tensione, su ciascun circuito è contenuta entro i limiti massimi ammissibili ammessi dal cliente, pari al 2%.

CLUSTER 1														
Connection WTG1 - WTG2 - WTG3 - CC	Size	Voltage level (kV)	N° of WTG connected	DISTANCE BETWEEN WTG's (km)	Power Factor	sen φ	Design Power (MW)	Design current (A)	Conduct ors per phase	Resista nce R [Ω/km] 90°C	Inducti ve reactan ce X [Ω/km]	Overall Impedan ce Z [Ω]	ΔV Voltage drop (%) File Calculat ion	Admissi ble Voltage Drop Verificat ion Criteria
WTG1-WTG2	3x1x95 mm ²	36	1	0,902	0,9	0,44	6	106,92	1	0,441	0,130	0,4091	0,21%	OK
WTG2-WTG3	3x1x240 mm ²	36	2	1,929	0,9	0,44	12	213,83	1	0,161	0,109	0,3712	0,38%	OK
WTG3-CC	3x1x500 mm ²	36	3	2,169	0,9	0,44	18	320,75	1	0,079	0,098	0,2469	0,38%	OK
													0,97%	OK
CLUSTER 2														
Connection WTG6 - WTG5 - WTG4 - CC	Size	Voltage level (kV)	N° of WTG connected	DISTANCE BETWEEN WTG's (km)	Power Factor	sen φ	Design Power (MW)	Design current (A)	Conduct ors per phase	Resista nce R [Ω/km] 90°C	Inducti ve reactan ce X [Ω/km]	Overall Impedan ce Z [Ω]	ΔV Voltage drop (%) File Calculat ion	Admissi ble Voltage Drop Verificat ion Criteria
WTG6-WTG5	3x1x95 mm ²	36	1	1,220	0,9	0,44	6	106,92	1	0,441	0,130	0,5533	0,28%	OK
WTG5 - WTG4	3x1x240 mm ²	36	2	0,958	0,9	0,44	12	213,83	1	0,161	0,109	0,1843	0,19%	OK
WTG4 - CC	3x1x500 mm ²	36	3	3,291	0,9	0,44	18	320,75	1	0,079	0,098	0,3746	0,58%	OK
													1,05%	OK
CLUSTER 3														
Connection WTG7 - CC	Size	Voltage level (kV)	N° of WTG connected	DISTANCE BETWEEN WTG's (km)	Power Factor	sen φ	Design Power (MW)	Design current (A)	Conduct ors per phase	Resista nce R [Ω/km] 90°C	Inducti ve reactan ce X [Ω/km]	Overall Impedan ce Z [Ω]	ΔV Voltage drop (%) File Calculat ion	Admissi ble Voltage Drop Verificat ion Criteria
WTG7-CC	3x1x95 mm ²	36	1	3,348	0,9	0,44	6	106,92	1	0,441	0,130	1,5187	0,78%	OK
													0,78%	OK

Figura 13 - Calcolo della caduta di tensione riscontrata per linea AT interna al parco eolico

EXTERNAL CABLE (Wind Farm to BESS Area)														
Connection CC - SS	Size	Voltage level (kV)	N° of WTG connected	DISTANCE BETWEEN WTG's (km)	Power Factor	sen φ	Accumula ted active power (MW)	Nomina l current (A)	Conduct ors per phase	Resista nce R [Ω/km] 90°C	Inducti ve reactan ce X [Ω/km]	Overall Impedan ce Z [Ω]	ΔV Voltage drop (%) File Calculat ion	Admissi ble Voltage Drop Verificat ion Criteria
CC WIND - CC BESS	3 x (2 x 630 mm ²)	36	7	13,753	0,95	0,31	42	673,58	2	0,063	0,095	1,2311	1,99%	OK
EXTERNAL CABLE (BESS Area to RTN Grid)														
Connection CC - SS	Size	Voltage level (kV)	N° of WTG connected	DISTANCE BETWEEN WTG's (km)	Power Factor	sen φ	Accumula ted active power (MW)	Nomina l current (A)	Conduct ors per phase	Resista nce R [Ω/km] 90°C	Inducti ve reactan ce X [Ω/km]	Overall Impedan ce Z [Ω]	ΔV Voltage drop (%) File Calculat ion	Admissi ble Voltage Drop Verificat ion Criteria
BESS AREA - SE 36 kV	3 x (3 x 500 mm ²)	36	-	0,215	0,95	0,31	54	866,03	3	0,079	0,098	0,0227	0,03%	OK

Figura 14 - Calcolo della caduta di tensione riscontrata per linea AT esterna al parco eolico