

# Geo Rinnovabile S.r.l.

## Impianto agro-fotovoltaico "Padalazzu" da 96.138 kWp e opere connesse

Comune di Sassari (SS)

### Progetto Definitivo Impianto agro-fotovoltaico e opere elettriche di Utenza

Allegato C.12 Relazione di calcolo dimensionamento cavi 36 kV



Professionista incaricato: Ing. Daniele Cavallo – Ordine Ingegneri Prov. Brindisi n. 1220

Rev. 0

Novembre 2022

**wood.**

## Indice

<b>1</b>	<b>Introduzione</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Dati di progetto</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Criteri di calcolo</b>	<b>6</b>
3.1	Calcolo della portata	6
3.2	Calcolo delle correnti di corto circuito	6
3.3	Calcolo della caduta di tensione	6
<b>4</b>	<b>Risultati</b>	<b>7</b>

## Appendici

### Appendice 01 Estratto foglio di calcolo dimensionamento cavi

**Questo documento è di proprietà di Geo Rinnovabile S.r.l. e il detentore certifica che il documento è stato ricevuto legalmente. Ogni utilizzo, riproduzione o divulgazione del documento deve essere oggetto di specifica autorizzazione da parte di Geo Rinnovabile S.r.l.**

## 1 Introduzione

Il presente documento descrive il calcolo preliminare di dimensionamento e la selezione dei cavi a 36 kV dell'impianto agro-fotovoltaico "Padalazu" e delle opere elettriche di Utenza.

Il calcolo del dimensionamento dei cavi si può così suddividere:

1. Linee in cavo interrato a 36 kV (di seguito "Dorsali 36 kV"), per il collegamento dell'impianto fotovoltaico al quadro a 36 kV installato nella Cabina Utente. Trattasi di N. 5 dorsali che raccolgono l'energia proveniente dalle cabine di conversione e la convogliano fino al quadro elettrico ubicato nell'edificio della Cabina elettrica a 36 kV. In particolare, la suddivisione delle cabine di conversione (PS) sulle N. 5 dorsali risulta come segue:
  - a. Dorsale 1: comprende le power stations C01, C02, C03 e C04;
  - b. Dorsale 2: comprende le power stations C05, C06, C07, C08 e C09;
  - c. Dorsale 3: comprende le power stations C10, C11, C12, C13, C14 e C15;
  - d. Dorsale 4: comprende le power stations C16, C17 e C18;
  - e. Dorsale 5: comprende le power stations C19, C20, C21 e C22.

Inoltre è stata prevista una cabina di raccolta (T01) posizionata all'interno del parco fotovoltaico, in posizione baricentrica rispetto alle rispettive power stations, per ottimizzare il percorso delle dorsali, ed agevolare le manovre di sezionamento e manutenzione.

2. Linee in cavo interrato a 36 kV per il collegamento della Cabina Utente allo stallo arrivo produttore nella sezione a 36 kV della futura Stazione RTN 380/150/36 kV denominata "Olmedo". Trattasi di N. 2 linee costituite ogni una da una doppia terna di cavi interrati a 36 kV.

Il tracciato seguito dalle linee è chiaramente identificabile nelle seguenti tavole:

- Tav. 15a.1 "Planimetria con tracciato cavi e tipico posa cavi AC interni impianto – Area Ovest";
- Tav. 15a.1 "Planimetria con tracciato cavi e tipico posa cavi AC interni impianto – Area Est";
- Tav.15b "Planimetria con tracciato cavi e tipico posa cavi AC - esterni all'impianto";
- Tav. 27 "Planimetria Cabina Utente, dorsale 36 kV di collegamento tra Cabina Utente e Stazione RTN e area di cantiere".

## 2 Dati di progetto

In Tabella 2-1 si riportano i dati di progetto utilizzati per il dimensionamento dei cavi.

**Tabella 2-1: Dati di Progetto**

Dati di progetto	Valore
Tensione di rete impianto fotovoltaico	36 kV
Materiale conduttore	Alluminio
Profondità di posa	1,2 m
Separazione tra circuiti affiancati	40 cm
Temperatura del terreno	20°C
Resistività del terreno	1,5 K·m/W
Potenza nominale power stations	3,06 MVA ÷ 4,00 MVA ÷ 4,2 MVA ÷ 4,4 MVA
Potenza nominale c.a./ immissione POC	92,06 MVA / 92,06 MW
Caduta di tensione massima ammissibile per tratta	3%

La lunghezza di ogni tratta di collegamento in cavo è stata ricavata dalla planimetria generale di impianto in cui è mostrata la posizione delle cabine di conversione e il relativo percorso cavi.

La lunghezza di cavo risultante è stata quindi aumentata per tenere in considerazione le risalite nei quadri, gli sfridi, le variazioni di quota del terreno e piccole deviazioni di percorso. La voce "Lunghezza Cavo" nella tabella seguente riassume le lunghezze risultanti per ciascuna tratta (la sigla CU si riferisce al quadro 36 kV presente nella Cabina Utente).

**Tabella 2-2: Calcolo lunghezze cavi per ciascuna tratta**

Tratta		Distanza	Lunghezza Cavo
da	a	[m]	[m]
C01	C02	306	345
C02	C03	257	295
C03	C04	296	335
C04	CU	2410	2512
C05	T01	194	230
C09	C08	138	172
C08	C07	180	215
C07	C06	236	273
C06	T01	201	237
T01	CU	1945	2033
C13	C12	135	169
C12	C11	152	187
C11	C10	315	354
C10	C14	622	671

Tratta		Distanza	Lunghezza Cavo
da	a	[m]	[m]
C14	C15	253	291
C15	CU	690	741
C16	C17	336	376
C17	C18	324	364
C18	CU	1320	1390
C22	C21	158	193
C21	C20	363	404
C20	C19	244	281
C19	CU	965	1024
CU (*)	Stazione RTN	150	185
CU (*)	Stazione RTN	150	185

(\*) previsti 2 cavi per fase

## 3 Criteri di calcolo

I cavi sono stati dimensionati seguendo le norme specifiche di riferimento. In particolare, la sezione dei cavi è stata scelta considerando i seguenti aspetti:

- Portata nominale;
- Massima caduta di tensione ammissibile;
- Tenuta al cortocircuito;
- Tipologia di posa (trifoglio);
- Condizioni ambientali.

### 3.1 Calcolo della portata

I coefficienti di declassamento della portata in funzione delle condizioni di posa e delle condizioni ambientali risultano essere i seguenti:

- K1 (profondità di posa): 0,98;
- K2 (temperatura del suolo): 1,0;
- K3 (resistività termica del terreno): 0,85;
- K4 (vicinanza di più terne nello scavo): variabile in funzione del numero di terne.

### 3.2 Calcolo delle correnti di corto circuito

In termini di correnti di corto circuito la sezione minima del conduttore può essere calcolata tramite la seguente equazione:

$$S_{min} = (I_{CC} \cdot \sqrt{t}) / C$$

dove:

- $I_{CC}$  = corrente di corto circuito (A);
- C = coefficiente definito dalla Norma CEI 11-17;
- t = tempo di eliminazione del corto circuito.

### 3.3 Calcolo della caduta di tensione

Sul percorso considerato la caduta di tensione è calcolata secondo la formula:

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

dove R e X sono rispettivamente resistenza e reattanza al km della linea, L la lunghezza, I la corrente.

## 4 Risultati

I risultati del calcolo di dimensionamento sono riportati in Tabella 4-1, con evidenziate le sezioni preliminarmente scelte per il progetto (scelte in modo da limitare il numero di sezioni da utilizzare). Per ulteriori dettagli si faccia riferimento al successivo estratto del foglio di calcolo.

**Tabella 4-1: Risultati dimensionamento preliminare dei cavi 36 kV**

Tratta		Lunghezza terna	Sezione selezionata	Lunghezza totali cavi	Tipologia di cavo
da	a	[m]	[mm <sup>2</sup> ]	[m]	
<b>C01</b>	C02	345	150	1036	Unipolare
<b>C02</b>	C03	295	150	884	Unipolare
<b>C03</b>	C04	335	150	1005	Unipolare
<b>C04</b>	CU	2512	300	7537	Unipolare
<b>C05</b>	T01	230	150	689	Unipolare
<b>C09</b>	C08	172	150	516	Unipolare
<b>C08</b>	C07	215	150	646	Unipolare
<b>C07</b>	C06	273	150	819	Unipolare
<b>C06</b>	T01	237	300	711	Unipolare
<b>T01</b>	CU	2033	500	6100	Unipolare
<b>C13</b>	C12	169	150	507	Unipolare
<b>C12</b>	C11	187	150	560	Unipolare
<b>C11</b>	C10	354	150	1063	Unipolare
<b>C10</b>	C14	671	300	2012	Unipolare
<b>C14</b>	C15	291	500	872	Unipolare
<b>C15</b>	CU	741	630	2222	Unipolare
<b>C16</b>	C17	376	150	1128	Unipolare
<b>C17</b>	C18	364	150	1091	Unipolare
<b>C18</b>	CU	1390	300	4169	Unipolare
<b>C22</b>	C21	193	150	578	Unipolare
<b>C21</b>	C20	404	150	1212	Unipolare
<b>C20</b>	C19	281	150	844	Unipolare
<b>C19</b>	CU	1024	300	3072	Unipolare
<b>CU (*)</b>	Stazione RTN	185	630	554	Unipolare
<b>CU (*)</b>	Stazione RTN	185	630	554	Unipolare

(\*) previsti 2 cavi per fase

**Appendice 01**

**Estratto foglio di calcolo dimensionamento cavi**

### Dati di progetto

Tensione rete MT impianto solare :	36 kV
Materiale conduttore cavi :	Alluminio
Tipologia cavo :	Shockproof
Profondità di posa :	1,2 m
Temperatura del terreno :	20 °C
Resistività terreno :	1,5 °C·m/W
Separazione circuiti :	40 cm
Potenze nominale inverter :	Pot 1: 3,06 MVA - Pot 2: 4 MVA - Pot 3: 4,2 MVA - Pot 4: 4,4 - Pot 5: 23,13 MVA - Pot 6: 22,90 MVA
Fattore di potenza inverter :	1
ΔV massima ammissibile per tratta :	3 %
Margine sulla lunghezza complessiva dei cavi :	3 %

### Definizione sezione cavi

Dorsale	Da	A	Lunghezza a teorica (m)	Lunghezza effettiva (m)	N° Power Station Connesse	N° terme affiancate	Potenza nominale						I <sub>n</sub> (A)	I <sub>in</sub> (A)	I <sub>cc</sub> trifase (kA)	Durata cc trifase (s)	S <sub>min</sub> per portata (mm²)	S <sub>min</sub> per I <sub>cc</sub> (mm²)	S <sub>min</sub> per ΔV (mm²)	S <sub>min</sub> (mm²)	S (mm²) selezionata	Margine utilizzo (%)	Composizione cavo	N° punti di giunzione		
							Scelta Pot. 1	Scelta Pot. 2	Scelta Pot. 3	Scelta Pot. 4	Scelta Pot. 5	Scelta Pot. 6												+	-	
1	C01	C02	306	345	1	2							70,6	83,46	0	1	95	0	35	95	150	29,6	Unipolare	1	+	1
1	C02	C03	257	295	2	2	4	1					120	141,5	20	1	95	140	35	140	150	50,2	Unipolare	1	+	1
1	C03	C04	296	335	3	2	4	1	3				187	221,2	20	1	95	140	35	140	150	78,4	Unipolare	1	+	1
<b>1</b>	<b>C04</b>	<b>CU</b>	<b>2410</b>	<b>2512</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>3</b>			<b>254</b>	<b>367,7</b>	<b>20</b>	<b>1</b>	<b>240</b>	<b>140</b>	<b>35</b>	<b>240</b>	<b>300</b>	<b>88,2</b>	<b>Unipolare</b>	<b>9</b>	<b>+</b>	<b>10</b>
2	C05	T01	194	230	1	2	3						67,4	79,67	20	1	95	140	35	140	150	28,3	Unipolare	0	+	0
2	C09	C08	138	172	1	1	3						67,4	70,11	20	1	95	140	35	140	150	24,9	Unipolare	0	+	0
2	C08	C07	180	215	2	1	3	3					135	140,2	20	1	95	140	35	140	150	49,7	Unipolare	0	+	0
2	C07	C06	236	273	3	1	3	3	3				202	210,3	20	1	95	140	35	140	150	74,6	Unipolare	0	+	1
2	C06	T01	201	237	4	3	3	3	3	2			266	350,7	20	1	240	140	35	240	300	84,1	Unipolare	0	+	0
<b>2</b>	<b>T01</b>	<b>CU</b>	<b>1945</b>	<b>2033</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>2</b>		<b>334</b>	<b>482,2</b>	<b>20</b>	<b>1</b>	<b>500</b>	<b>140</b>	<b>35</b>	<b>500</b>	<b>500</b>	<b>88,5</b>	<b>Unipolare</b>	<b>7</b>	<b>+</b>	<b>8</b>
3	C13	C12	135	169	1	1	3						67,4	70,11	20	1	95	140	35	140	150	24,9	Unipolare	0	+	0
3	C12	C11	152	187	2	1	3	3					135	140,2	20	1	95	140	35	140	150	49,7	Unipolare	0	+	0
3	C11	C10	315	354	3	1	3	3	3				202	210,3	20	1	95	140	35	140	150	74,6	Unipolare	1	+	1
3	C10	C14	622	671	4	3	3	3	3	3			269	355	20	1	240	140	35	240	300	85,1	Unipolare	2	+	2
3	C14	C15	253	291	5	3	3	3	3	3	2		334	439,5	20	1	400	140	35	400	500	80,6	Unipolare	1	+	1
<b>3</b>	<b>C15</b>	<b>CU</b>	<b>690</b>	<b>741</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>2</b>		<b>401</b>	<b>579,6</b>	<b>20</b>	<b>1</b>	<b>630</b>	<b>140</b>	<b>35</b>	<b>630</b>	<b>630</b>	<b>93,5</b>	<b>Unipolare</b>	<b>2</b>	<b>+</b>	<b>2</b>
4	C16	C17	336	376	1	2	4						70,6	83,46	20	1	95	140	35	140	150	29,6	Unipolare	1	+	1
4	C17	C18	324	364	2	2	4	4					141	166,9	20	1	95	140	35	140	150	59,2	Unipolare	1	+	1
<b>4</b>	<b>C18</b>	<b>CU</b>	<b>1320</b>	<b>1390</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>				<b>212</b>	<b>306</b>	<b>20</b>	<b>1</b>	<b>185</b>	<b>140</b>	<b>35</b>	<b>185</b>	<b>300</b>	<b>73,4</b>	<b>Unipolare</b>	<b>5</b>	<b>+</b>	<b>5</b>
5	C22	C21	158	193	1	1	4						70,6	73,45	20	1	95	140	35	140	150	26,0	Unipolare	0	+	0
5	C21	C20	363	404	2	1	4	3					138	143,6	20	1	95	140	35	140	150	50,9	Unipolare	1	+	1
5	C20	C19	244	281	3	2	4	3	3				205	242,8	20	1	120	140	35	140	150	86,1	Unipolare	1	+	1
<b>5</b>	<b>C19</b>	<b>CU</b>	<b>965</b>	<b>1024</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>4</b>			<b>276</b>	<b>398,8</b>	<b>20</b>	<b>1</b>	<b>300</b>	<b>140</b>	<b>35</b>	<b>300</b>	<b>300</b>	<b>95,6</b>	<b>Unipolare</b>	<b>3</b>	<b>+</b>	<b>4</b>
A1	CU	Stazione RTN	150	185	1	4	5						371	514,8	20	1	500	139,86	35	500	630	83,0	Unipolare	0	+	0
A2	CU	Stazione RTN	150	185	1	4	5						371	514,8	20	1	500	139,86	35	500	630	83,0	Unipolare	0	+	0
B1	CU	Stazione RTN	150	185	1	4	6						367	509,7	20	1	500	139,86	35	500	630	82,2	Unipolare	0	+	0
B2	CU	Stazione RTN	150	185	1	4	6						367	509,7	20	1	500	139,86	35	500	630	82,2	Unipolare	0	+	0