

# Newagro S.r.l.

## Impianto Agrivoltaico denominato "Consandolo" da 57.002,4 kWp, opere connesse e infrastrutture indispensabili

### Progetto Definitivo Impianto Agrivoltaico e Opere Elettriche di Utenza

Allegato C.13 Relazione di calcolo dimensionamento cavi 36 kV



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

Rev. 0

Aprile 2024



**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>5</b>
3.1	Calcolo della portata	5
3.2	Calcolo delle correnti di corto circuito	5
3.3	Calcolo della caduta di tensione	5
<b>4</b>	<b>Risultati</b>	<b>6</b>

## Appendici

### Appendice 01 Estratto foglio di calcolo dimensionamento cavi

**Questo documento è di proprietà di Newagro 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 Newagro S.r.l.**

## 1 Introduzione

Il presente documento descrive il calcolo preliminare di dimensionamento e la selezione dei cavi a 36 kV dell'Impianto Agrivoltaico denominato "Consandolo".

Il calcolo del dimensionamento dei cavi si può suddividere in base ai seguenti gruppi di linee:

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. 2 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. 2 dorsali risulta come segue:
  - a. Dorsale 1: comprende le power stations C01, C08, C07, C06, C14, C09 e C10;
  - b. Dorsale 2: comprende le power stations C02, C03, C04, C05, C12, C11 e C13.

Per ottimizzare il percorso delle dorsali ed agevolare le manovre di sezionamento e manutenzione, sono state previste due cabine di raccolta (T01 e T02) posizionate all'interno del parco fotovoltaico, in posizione baricentrica rispetto alle rispettive power stations.

2. Linea in cavo interrato per il collegamento della Cabina Utente allo stallo arrivo produttore nella sezione a 36 kV della futura Stazione RTN 380/132/36 kV denominata "Portomaggiore". Trattasi di N. 1 linea costituita da una doppia terna di cavi interrati a 36 kV.

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

- Tav. 20a "Planimetria impianto agrivoltaico con identificazione tracciato cavi e tipico posa cavi AC - interni all'impianto";
- Tav.20b "Planimetria impianto agrivoltaico con identificazione tracciato cavi e tipico posa cavi AC - esterni all'impianto";
- Tav. 40 "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	1,2 K·m/W
Potenza nominale power stations	2,667 MVA ÷ 4,00 MVA ÷ 4,2 MVA ÷ 4,4 MVA
Potenza nominale c.a.	54,723 MVA
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 2-2 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	C08	355	403
C08	C07	250	293
C07	C06	170	209
C06	T02	270	314
C14	C09	635	697
C09	T02	15	46
T02	C10	620	681
C10	CU	7830	8.252
C11	C13	610	671
C13	T01	105	140
C02	C03	185	224
C03	C04	210	251
C04	C05	320	366
C05	C12	410	461

Tratta		Distanza	Lunghezza Cavo
da	a	[m]	[m]
C12	T01	20	51
T01	CU	7015	7.396
CU (*)	SE RTN (*)	150	188

(\*) 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):
- K2 (temperatura del suolo):
- K3 (resistività termica del terreno):
- K4 (vicinanza di più terne nello scavo):

#### 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:

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

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]	
C01	C08	403	95	1.208	Unipolare
C08	C07	293	95	878	Unipolare
C07	C06	209	95	626	Unipolare
C06	T02	314	150	941	Unipolare
C14	C09	697	95	2.090	Unipolare
C09	T02	46	95	137	Unipolare
T02	C10	681	240	2.043	Unipolare
C10	CU	8.252	500	24.755	Unipolare
C11	C13	671	95	2.012	Unipolare
C13	T01	140	95	421	Unipolare
C02	C03	224	95	673	Unipolare
C03	C04	251	95	752	Unipolare
C04	C05	366	95	1.098	Unipolare
C05	C12	461	150	1.382	Unipolare
C12	T01	51	240	153	Unipolare
T01	CU	7.396	500	22.187	Unipolare
CU (*)	SE RTN (*)	188	500	563	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 :	1,2 °C·m/W
Separazione circuiti :	40 cm
Potenze nominale inverter :	Pot 1: 2,667 MVA Pot 2: 2,8 MVA Pot 3: 4 MVA Pot 4: 4,2 MVA Pot 5: 4,4 MVA
Potenza nominale delle linee CU - RTN (singola terna)	Pot 6: 27,367 MVA
Fattore di potenza inverter :	1
ΔV massima ammissibile per tratta :	3 %
Margine sulla lunghezza complessiva dei cavi :	5 %

Definizione sezione cavi

Dorsale	Da	A	Lunghezza a teorica (m)	Lunghezza a effettiva (m)	N° Power Station Connesse	N° terne affiancate	Potenza nominale						I <sub>n</sub> (A)	I <sub>em</sub> (A)	I <sub>cc</sub> trifase (kA)	Durata cc trifase (s)	S <sub>min</sub> per portata (mm <sup>2</sup> )	S <sub>min</sub> per I <sub>cc</sub> (mm <sup>2</sup> )	S <sub>min</sub> per ΔV (mm <sup>2</sup> )	S <sub>min</sub> (mm <sup>2</sup> )	S (mm <sup>2</sup> ) 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	C08	355	403	1	1	3	0	0	0	0	64,15	61,02	20	0,45	95	94	35	95	95	27,4	Unipolare	1 + 1	
1	C08	C07	250	293	2	1	3	4	0	0	0	131,51	125,10	20	0,45	95	94	35	95	95	56,1	Unipolare	1 + 1	
1	C07	C06	170	209	3	1	3	4	1	0	0	174,28	165,79	20	0,45	95	94	35	95	95	74,3	Unipolare	0 + 0	
1	C06	T02	270	314	4	1	3	4	1	4	0	241,64	229,87	20	0,45	120	94	35	120	150	81,5	Unipolare	1 + 1	
1	C14	C09	635	697	1	1	3	0	0	0	0	64,15	61,02	20	0,45	95	94	35	95	95	27,4	Unipolare	2 + 2	
1	C09	T02	15	46	2	1	3	5	0	0	0	134,72	128,15	20	0,45	95	94	35	95	95	57,5	Unipolare	0 + 0	
1	T02	C10	620	681	6	1	3	4	1	4	3	376,35	358,02	20	0,45	240	94	35	240	240	96,8	Unipolare	2 + 2	
1	C10	CU	7830	8252	7	2	3	4	1	4	3	440,50	476,18	20	0,45	400	94	240	400	500	87,4	Unipolare	30 + 33	
2	C11	C13	610	671	1	2	2	0	0	0	0	44,91	48,54	20	0,45	95	94	35	95	95	21,8	Unipolare	2 + 2	
2	C13	T01	105	140	2	2	2	1	0	0	0	87,68	94,78	20	0,45	95	94	35	95	95	42,5	Unipolare	0 + 0	
2	C02	C03	185	224	1	1	4	0	0	0	0	67,36	64,08	20	0,45	95	94	35	95	95	28,7	Unipolare	0 + 0	
2	C03	C04	210	251	2	1	4	5	0	0	0	137,92	131,20	20	0,45	95	94	35	95	95	58,8	Unipolare	0 + 1	
2	C04	C05	320	366	3	1	4	5	5	0	0	208,49	198,33	20	0,45	95	94	35	95	95	88,9	Unipolare	1 + 1	
2	C05	C12	410	461	4	1	4	5	5	5	0	279,05	265,46	20	0,45	150	94	35	150	150	94,1	Unipolare	1 + 1	
2	C12	T01	20	51	5	1	4	5	5	5	5	349,62	332,59	20	0,45	240	94	35	240	240	89,9	Unipolare	0 + 0	
2	T01	CU	7015	7396	7	2	2	1	4	5	5	437,29	472,72	20	0,45	400	94	240	400	500	86,7	Unipolare	26 + 29	
A1	CU	RTN	150	188	1	2	6	0	0	0	0	438,90	474,45	20	0,45	400	94	35	400	500	87,1	Unipolare	0 + 0	
A2	CU	RTN	150	188	1	2	6	0	0	0	0	438,90	474,45	20	0,45	400	94	35	400	500	87,1	Unipolare	0 + 0	

\* "A1" e "A2" sono due terne che si riferiscono alla singola dorsale "A" di collegamento della CU alla Stazione RTN