

PROGETTO

**IMPIANTO AGRIVOLTAICO DI POTENZA PARI A 38745 kWp (29785 kWp IN IMMISSIONE
DENOMINATO "Tolalp - Racalmuto" ED OPERE CONNESSE INDISPENSABILI DA REALIZZARSI
NEL COMUNE DI RACALMUTO (AG)**

TITOLO

**Rel. 07 - Relazione di calcolo dimensionamento cavidotti
MT**

PROGETTISTI	PROPONENTE	VISTI
 SCM Ingegneria S.r.l. Via Carlo del Croix, 55 Tel.: +39 0831-728955 72022 Latiano (BR) Mail: info@scmingegneria.com  SICILWIND S.r.l. Viale Croce Rossa, 25 Tel.: +39 091 9763933 90144 Palermo (PA) PEC: sicilwindsrl@pec.it Redattore Luca Maculan	TOLALP ENERGY S.R.L. Sede legale e Amministrativa: Via Michelangelo Buonarroti, 39 20145 MILANO (MI) PEC: tolalpenergysrl@legalmail.it	

PROGETTAZIONE



Scala	Formato Stampa	Cod. Elaborato	Rev.	Nome File	Foglio
	A4	FVRCMD-I_Rel.07	00	REL07-Relazione di calcolo dimensionamento cavidotti MT_00.docx	1 di 11

Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato
00	20/05/2023	Prima Emissione	L. Maculan	D. Cavallo	L. Nettuno

INDICE

1	INDRODUZIONE.....	3
2	DATI GENERALI.....	3
2.1	Dati del Proponente	3
2.2	Località di realizzazione dell'intervento	3
2.3	Destinazione d'uso	4
2.4	Dati catastali.....	4
2.5	Connessione	4
3	DATI DI PROGETTO.....	6
4	CRITERI DI CALCOLO.....	9
4.1	CALCOLO DELLA PORTATA.....	9
4.2	CALCOLO DELLE CORRENTI DI CORTO CIRCUITO	9
4.3	CALCOLO DELLA CADUTA DI TENSIONE.....	10
5	RISULTATI.....	11

1 INTRODUZIONE

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto agrivoltaico, mediante tecnologia fotovoltaica con tracker monoassiale, che la Società TOLALP ENERGY S.R.L. (di seguito "la Società") intende realizzare nel comune di Racalmuto (AG).

L'impianto avrà una potenza installata di 38745 kWp per una potenza di 29785 kW in immissione, e l'energia prodotta verrà immessa sulla rete RTN in alta tensione.

Si evidenzia che sebbene la potenza di picco dell'impianto agrivoltaico in progetto sarà pari a 38745 kWp, la potenza in immissione sarà di 29785 kW, inferiore rispetto alla potenza installata di picco in quanto, per l'effetto combinato delle perdite legate alla disposizione geometrica dei pannelli (dovute a ombreggiamento, riflessione), delle perdite proprie dell'impianto (dovute a temperatura, sporcamento, mismatch, conversione ecc.) e delle perdite di connessione alla rete, l'energia immessa al punto di consegna non sarà mai superiore ai 29785 kW. Qualora, in condizioni meteo-climatiche favorevoli, l'impianto potesse produrre più di 29785 kW, la potenza sarà limitata a livello dei convertitori AC/DC in modo da non superare il limite di immissione previsto al punto di consegna.

2 DATI GENERALI

2.1 Dati del Proponente

Di seguito i dati anagrafici del soggetto proponente:

SOCIETA' PROPONENTE	
Denominazione	TOLALP ENERGY S.R.L.
Indirizzo sede legale	Via Michelangelo Buonarroti, 39 – 20145 Milano (MI)
Codice Fiscale/Partita IVA	12018060967
Capitale Sociale	10.000,00 €
PEC	totalpenergysrl@legalmail.it

Tabella 2-1 – Informazioni principali della Società Proponente

2.2 Località di realizzazione dell'intervento

L'impianto fotovoltaico oggetto del presente documento e il relativo cavidotto MT saranno realizzati nel comune di Racalmuto (AG).

2.3 Destinazione d'uso

L'area oggetto dell'intervento ha una destinazione d'uso agricolo.

2.4 Dati catastali

I terreni interessati dall'intervento per quanto riguarda l'area di impianto, così come individuati da catasto del comune di Racalmuto (AG), sono:

- FG 55 particelle 1, 2, 3, 4, 11, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 49, 50, 51, 52, 54, 55, 60, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 72, 73, 75, 76, 77, 78, 79
- FG 56 particelle 8, 10, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 32, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 67, 71, 72, 73, 74, 96, 97, 98, 99, 100, 115, 116, 117, 121, 124, 127, 128, 138, 143, 144, 145, 146, 147

L'area della stazione utente interesserà invece i seguenti terreni, così come individuati da catasto del comune di Racalmuto (AG):

- FG 14 particella 114

Tutti i terreni su cui saranno installati i moduli fotovoltaici e realizzate le infrastrutture necessarie, risultano di proprietà privata e corrispondono a terreni ad uso prevalentemente agricolo.

Luogo di installazione	Comuni di Racalmuto (AG)	
Potenza di Picco (kWp)	38745 kWp	
Potenza Nominale (kW)	38745 kWp	
Potenza massima in immissione	29785 kW	
Informazioni generali del sito	Sito collinare ben raggiungibile da strade statali/provinciali/comunali	
Tipo di strutture di sostegno	Inseguitore monoassiale	
Coordinate area impianto	Latitudine	37°23'58.52"N
	Longitudine	13°48'22.60"E
Coordinate Stazione Utente 150 kV	Latitudine	37°25'49.41"N
	Longitudine	13°48'36.44"E

Tabella 2-2 – Dati catastali

2.5 Connessione

La Società TOLALP ENERGY S.R.L. ha presentato a Terna S.p.A. ("il Gestore") la richiesta di connessione alla RTN per una potenza in immissione di 29,785 MW. Alla richiesta è stato assegnato Codice Pratica 202002192.

Il gestore ha trasmesso la soluzione tecnica minima generale per la connessione (STMG), accettata in data 01 Febbraio 2023.

Lo schema di allacciamento alla RTN prevede che l'impianto venga collegato in antenna a 150 kV con una nuova stazione elettrica (SE) di smistamento a 150 kV della RTN, da inserire in entra - esce sulla linea RTN a 150 kV "Canicattì - Caltanissetta", denominata "Racalmuto" previa realizzazione dei seguenti interventi:

- potenziamento/rifacimento della linea RTN 150 kV "Canicattì – Caltanissetta";
- realizzazione di un nuovo elettrodotto RTN 150 kV di collegamento tra le Cabine Primarie di Canicattì e Ravanusa;
- realizzazione del nuovo elettrodotto RTN 150 kV "Cammarata - Casteltermini -Campofranco FS", previsto dal Piano di Sviluppo Terna.

Al fine di razionalizzare l'utilizzo delle strutture di rete, il Gestore ha proposto inoltre di condividere lo stallo RTN 150 kV nella stazione SE Racalmuto con altri impianti di produzione.

La stazione utente di impianto e il nuovo elettrodotto in antenna a 150 kV per il collegamento della stessa alla SE Racalmuto costituiscono impianto di utenza per la connessione, mentre lo stallo arrivo produttore a 150 kV nella suddetta stazione costituisce impianto di rete per la connessione.

3 DATI DI PROGETTO

Nella seguente tabella si riportano i dati di progetto utilizzati per il dimensionamento dei cavi. Nel calcolo sono state considerate le condizioni più gravose, a favore della sicurezza.

Dati di progetto	Valore
Tensione di rete MT	30 kV
Materiale conduttore	Alluminio
Profondità di posa	1,2 m
Temperatura del terreno	20°C
Resistività del terreno	1,5 °C·m/W
Potenza nominale inverter	2,8 / 3,06 / 4,2 MVA
Potenza totale impianto	53,97 MW
Fattore di potenza al punto di connessione	0,95
Potenza nominale power station sistema di accumulo	2,5 MVA
Caduta di tensione massima ammissibile per ogni tratta	3 %

Tabella 3-1 – Dati di progetto per dimensionamento cavi 30 kV

Le caratteristiche principali dei cavi MT considerati per il progetto, come disponibili sul mercato, sono riportate nella seguente tabella:

Grandezza	Valore
Tipo	Unipolari
Materiale conduttore	Alluminio
Materiale isolante	XLPE
Schermo metallico	Alluminio
Guaina esterna	PE resistente all'urto (adatti alla posa direttamente interrata)
Tensione nominale (U ₀ /U/Um):	18/30/36 kV
Frequenza nominale:	50 Hz
Sezione	95 ÷ 500 mm ²

Tabella 3-2 – Caratteristiche cavi 30 kV

Tali caratteristiche potrebbero essere oggetto di revisione in fase di esecuzione del progetto a seconda di eventuali modifiche delle tensioni di esercizio degli impianti. Il dimensionamento attuale è comunque nella direzione della sicurezza, dal momento che un eventuale aumento delle

tensioni di esercizio comporterebbe correnti minori e quindi un maggiore margine sulle sezioni selezionate.

Un esempio del cavo utilizzato per le dorsali 30 kV è riportato nella seguente figura:

ARE4H5E 18/30kV SR/0,2

DESCRIZIONE

Cavo unipolare con conduttore in alluminio, isolamento in polietilene reticolato (XLPE) a spessore ridotto, schermo a nastro di alluminio, guaina in polietilene (PE). Cavo dotato di barriera radiale e longitudinale all'acqua.

Applicazioni:

Cavo adatto per posa fissa, in interno o esterno, in aria o direttamente / indirettamente interrato, anche in ambiente umido.

Costruzione:

- **Conduttore:** corda rotonda, rigida, compatta di **alluminio** – **Cl. 2**(IEC 60228)
- **Semiconduttore interno:** miscela semiconduttiva estrusa
- **Isolamento:** miscela estrusa di polietilene reticolato (**XLPE**)
- **Semiconduttore esterno:** miscela semiconduttiva estrusa – **non pelabile**
- **Barriera longitudinale:** nastro semiconduttivo "water blocking"
- **Schermo e barriera radiale:** nastro di alluminio con applicazione longitudinale (spessore nominale: 0,2 mm)
- **Guaina:** miscela di **Polietilene** estruso - Colore: **rosso**.

Caratteristiche funzionali:

- **Tensione nominale U_0/U :** 18/30 kV
- **Temperatura max. di esercizio del conduttore:** 90°C
- **Temperatura max. di cortocircuito del conduttore:** 250°C (max 5s)
- **Temperatura max. di cortocircuito dello schermo:** 150°C
- **Temperatura min. di posa:** -25°C
- **Sforzo max. di trazione sul conduttore durante l'installazione:** 50 N/mm²
- **Raggio min. di curvatura durante l'installazione:** 14D_{cavo}



NORME

Internazionale HD 620;
IEC 60502-2

Figura 3-1 – Esempio cavi 30 kV

La lunghezza di ogni tratta di collegamento in cavo è stata ricavata dalla planimetria generale di impianto in cui è mostrata la posizione delle diverse cabine MT.

La lunghezza di cavo risultante è stata quindi aumentata per tenere in considerazione le risalite in cabina, sfridi, variazione di quota del terreno e piccole deviazioni di percorso; le seguenti tabelle riassumono le lunghezze risultanti per ciascuna tratta (la sigla SSE si riferisce al quadro 30 kV presente nella stazione elettrica di utenza).

Impianto agrivoltaico di potenza pari a 38745 kWp (29785 kWp in immissione) denominato "Tolalp - Racalmuto " ed opere connesse indispensabili da realizzarsi nel comune di Racalmuto (AG)

Da	A	Distanza (m)	Lunghezza cavi (m)
C01	C02	120	139
C02	C03	129	148
C03	C04	115	133
C04	SSE	4548	4699
C06	T01	497	527
C07	T01	288	312
C09	C08	90	108
C08	T01	132	151
T01	SSE	97	115

Tabella 3-3 – Lunghezze cavi MT relativi all'impianto agrivoltaico

4 CRITERI DI CALCOLO

I cavi sono stati dimensionati seguendo le norme specifiche di riferimento, andando a selezionare la sezione minima richiesta in accordo ai seguenti differenti metodi di calcolo richiesti dalle normative:

- Portata nominale
- Tenuta al cortocircuito
- Massima caduta di tensione ammissibile

I calcoli sono stati eseguiti alla luce delle normative vigenti e delle indicazioni dei fornitori principali di cavi della tipologia selezionata, tenendo conto dei dati di progetto, delle condizioni di posa e delle condizioni ambientali.

Le differenti verifiche di dimensionamento sono dettagliate nei seguenti paragrafi.

4.1 CALCOLO DELLA PORTATA

Il primo criterio di calcolo da considerare è quello della portata dei cavi in accordo alle condizioni di posa, come specificato dalla normativa di riferimento IEC 60502, "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)".

In linea con la suddetta norma, per il calcolo delle sezioni effettive dei cavi di distribuzione si sono tenuti in considerazione i coefficienti di riduzione applicati alla portata nominale del cavo scelto, ossia:

- | | |
|---|--|
| • K_1 (profondità di posa, diversa da 1,2): | 1,0 |
| • K_2 (temperatura del suolo): | 1,0 |
| • K_3 (resistività termica del terreno): | 0,93 |
| • K_4 (vicinanza di due terne nello scavo): | 0,81 (considerando la sezione di posa più gravosa lungo il percorso) |

Per un coefficiente totale di riduzione della portata dei cavi di 0.75.

4.2 CALCOLO DELLE CORRENTI DI CORTO CIRCUITO

In termini di correnti di corto circuito la sezione minima del conduttore deve essere verificata secondo la seguente equazione:

$$S_{\min} = (I_{cc} \cdot \sqrt{t}) / K$$

dove:

- I_{cc} corrente di corto circuito (A)
- K costante caratteristica dei cavi che dipende sia dal materiale del conduttore sia dal tipo di isolante del cavo scelto, definito dalla Norma CEI 11-17 (tabella 4.2.2)
- t tempo di eliminazione del corto circuito

Per quanto riguarda la corrente di corto circuito si considera il valore massimo della corrente di cortocircuito in corrispondenza del quadro MT cui sono collegate le dorsali dell'impianto, in modo da considerare lo scenario peggiore e verificare quindi sicuramente la sezione del cavo in tutti i possibili scenari di esercizio.

4.3 CALCOLO DELLA CADUTA DI TENSIONE

La sezione dei cavi di media tensione deve essere infine verificata calcolando la caduta di tensione corrispondente al passaggio della massima corrente di progetto, in modo da rispettare la massima caduta di tensione richiesta.

La caduta di tensione in percentuale può essere calcolata secondo la seguente equazione:

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

dove:

- R e X sono rispettivamente resistenza e reattanza al km della linea
- L è la lunghezza della linea
- I è la corrente massima della linea come risultato della somma della corrente degli aerogeneratori connessi alla linea stessa.
- j è l'angolo corrispondente al fattore di potenza degli aerogeneratori
- V è la tensione nominale della rete in media tensione

5 RISULTATI

I risultati delle verifiche di dimensionamento di cui ai paragrafi precedenti sono mostrate nella seguente tabella:

Da	A	Lunghezza cavi (m)	S_{\min} portata (mm ²)	S_{\min} I _{CC} (mm ²)	S_{\min} ΔV (mm ²)	S (mm ²)	Composizione cavo
C01	C02	139	50	77	35	95	Unipolare
C02	C03	148	70	77	35	95	Unipolare
C03	C04	133	150	77	35	185	Unipolare
C04	SSE	4699	185	77	120	300	Unipolare
C06	T01	527	50	77	35	95	Unipolare
C07	T01	312	70	77	35	95	Unipolare
C09	C08	108	50	77	35	95	Unipolare
C08	T01	151	50	77	35	95	Unipolare
T01	SSE	115	70	77	35	500	Unipolare

Tabella 5-1 – Sezioni cavi 30 kV