

Regione Sicilia



Comune di Calatafimi Segesta



Provincia di Trapani



Comune di Gibellina



Progetto di un impianto agrivoltaico avanzato denominato "Làgani", una potenza complessiva pari a 70,365 MWp integrato con un sistema di accumulo della potenza di 10 MW, da realizzarsi nei Comuni di Calatafimi Segesta (TP) e Gibellina (TP)

PROGETTO DEFINITIVO

DELL'IMPIANTO DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI

CODICE ELABORATO

GOSO_CLT_007_R_00

TITOLO ELABORATO

**RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO
CAVIDOTTI 30 kV**

Proponente:

GO-SOLE

GO-SOLE S.r.L.

Piazza del Grano 3
39100 Bolzano (BZ)
go-sole@legalmail.it

CF/P.IVA 03225430218

Progettazione



Progettista

Dr. Geol. Michele Ognibene



Dr. Ing. Daniele Cavallo

REVISIONI	N.	Data	Descrizione revisione	Redatto	Controllato	Approvato
		00	28.08.2024	DEFINITIVO PER CONSEGNA VIA/AU	R.CAVALLO	D.CAVALLO

1. OGGETTO E SCOPO	3
2. DATI GENERALI	3
2.1. Dati del Proponente.....	3
2.2. Località di realizzazione dell'intervento	4
2.3. Destinazione d'uso.....	4
2.4. Dati catastali	4
2.5. Connessione.....	6
3. LOCALIZZAZIONE DEL PROGETTO	7
4. SCOPO	10
5. DATI DI PROGETTO	11
6. CRITERI DI CALCOLO	14
6.1. Calcolo della portata	14
6.2. Calcolo della caduta di tensione.....	15
7. RISULTATI	16

1. OGGETTO E SCOPO

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto agrivoltaico avanzato, mediante tecnologia fotovoltaica con tracker monoassiale, che la Società proponente – GO-SOLE srl - intende realizzare in agro dei Comuni di Calatafimi Segesta (TP) e Gibellina (TP).

L'impianto avrà una potenza installata di 70.365 kWp 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 70.365 kWp, la potenza in immissione sarà di 54,400 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, sporco, mismatch, conversione ecc.) e delle perdite di connessione alla rete, l'energia immessa al punto di consegna non sarà mai superiore a tale valore. Qualora, in condizioni meteo-climatiche favorevoli, l'impianto potesse produrre più potenza, la stessa sarà limitata a livello dei convertitori AC/DC in modo da non superare il limite di immissione previsto al punto di consegna.

Si evidenzia inoltre che l'impianto sarà completo di un sistema di accumulo da 10 MW, con capacità di 40 MWh.

L'impianto permetterà di ottenere una produzione annua di circa 131 GWh/anno, pari al consumo medio annuo di energia elettrica di 52.250 famiglie.

Questo progetto, inoltre, apporterà importanti benefici ambientali sia in termini di mancate emissioni di inquinanti che di risparmio di combustibile: l'impianto consentirà di evitare l'emissione di circa 58.000 t/anno di anidride carbonica. Il bilancio sull'ambiente sarà pertanto nettamente positivo.

2. DATI GENERALI

2.1. DATI DEL PROPONENTE

Di seguito i dati anagrafici del soggetto proponente:

SOCIETA' PROPONENTE	
Denominazione	GO-SOLE S.R.L.
Indirizzo sede legale	Piazza del Grano, 3 - 39100 Bolzano (BZ)
Codice Fiscale/Partita IVA	03225430218
Capitale Sociale	10.000,00 €
PEC	go-sole@legalmail.it

Tabella 2-1 – Informazioni principali della Società Proponente

2.2. LOCALITÀ DI REALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO

L'impianto agrivoltaico oggetto del presente documento sarà realizzato nel comune di Calatafimi Segesta (TP). Il cavidotto 30 kV relativo all'impianto interesserà invece i comuni di Calatafimi Segesta e di Gibellina (TP).

La Stazione Utente, il sistema di accumulo e le opere di rete relative all'impianto saranno realizzate nel comune di Gibellina (TP).

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 Calatafimi Segesta (TP) sono:

- Area impianto 1:
 - FG 106 particelle 30, 38
- Area impianto 2:
 - FG 107 particelle 146, 147, 148, 149, 166, 167, 169, 170, 171, 177, 178, 179, 180, 181, 185, 186, 187
- Area impianto 3:
 - FG 107 particella 26
- Area impianto 4:
 - FG 107 particelle 37, 39, 42, 43, 57, 104, 105, 106, 125, 151, 152, 153, 154, 160, 161, 162
- Area impianto 5:
 - FG 108 particelle 2, 9, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 21, 23, 24, 25, 27, 37, 38, 39, 40, 41, 57, 60, 61, 71, 72, 75, 76,77
- Area impianto 6:
 - FG 109 particelle 8, 9
 - FG 112 particelle 1, 3, 37, 38, 53, 54, 57, 100, 101, 102, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114
- Area impianto 7:
 - FG 113 particelle 104, 105, 122, 135, 136, 162, 163, 189, 190, 123, 73, 167, 63, 72, 160, 161, 166, 168, 186, 187, 188
- Area impianto 8:
 - FG 122 particelle 68, 126, 127

L'area della Stazione Utente e dello stallo condiviso 220 kV interesserà i seguenti terreni, così come individuati da catasto del comune di Gibellina (TP):

- FG 5 particelle 192, 209, 210 e 284

Il sistema di accumulo intesserà i seguenti terreni, così come individuati da catasto del comune di Gibellina (TP):

- FG 5 particelle 180, 190

Le opere di rete e la stazione RTN cui si collegherà l'impianto, interesserà invece i seguenti terreni, così come individuati da catasto del comune di Gibellina (TP):

- FG 7 particelle 115, 214, 216

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	Comune di Calatafimi Segesta (TP)
Potenza di Picco (kWp)	70.365 kWp
Potenza Nominale (kW)	54.400 kWp (Potenza disponibile per la connessione)
Informazioni generali del sito	Sito collinare ben raggiungibile da strade statali/provinciali/comunali
Tipo di strutture di sostegno	Inseguitore monoassiale
Coordinate area impianto 1	Latitudine 37°51'25.45"N Longitudine 12°52'40.04"E
Coordinate area impianto 2	Latitudine 37°51'50.60"N Longitudine 12°52'58.58"E
Coordinate area impianto 3	Latitudine 37°51'49.80"N Longitudine 12°53', 24.90"E
Coordinate area impianto 4	Latitudine 37°51'36.00"N Longitudine 12°53'6.38"E
Coordinate area impianto 5	Latitudine 37°51'50.99"N Longitudine 12°53'47.31"E
Coordinate area impianto 6	Latitudine 37°51'49.75"N Longitudine 12°54'42.50"E
Coordinate area impianto 7	Latitudine 37°51'30.81"N Longitudine 12°55'44.26"E
Coordinate area impianto 8	Latitudine 37°51'11.52"N Longitudine 12°55'57.49"E
Coordinate BESS	Latitudine 37°49'2.13"N Longitudine 12°56'25.68"E
Coordinate stazione utente	Latitudine 40°42'51.42"N

	Longitudine 8°24'31.65"E
Coordinate stallo condiviso	Latitudine 37°49'17.96"N
	Longitudine 12°56'28.40"E
Coordinate stazione RTN	Latitudine 40°42'51.42"N
	Longitudine 8°24'31.65"E

Tabella 2-2 – Dati impianto

2.5. CONNESSIONE

La Società FRI-EL S.p.A. ha presentato a Terna S.p.A. ("il Gestore") la richiesta di connessione alla RTN per una potenza in immissione di 54,4 MW. Alla richiesta è stato assegnato Codice Pratica 202200711.

Il progetto di connessione prevede che la centrale venga collegata in antenna a 220 kV con una nuova stazione elettrica di smistamento (SE) a 220 kV della RTN, da inserire in entra - esce sulla linea RTN a 220 kV "Partinico - Partanna".

La STMG è stata volturata alla società proponente il progetto, con accettazione da parte di Terna S.p.A. in data 06 Giugno 2024.

3. LOCALIZZAZIONE DEL PROGETTO

L'area presa in considerazione nel presente progetto ricade amministrativamente all'interno del Comune di Calatafimi Segesta (TP), per un'area complessiva recintata di circa 106 ettari.

Dal punto di vista cartografico, l'area di impianto ricade all'interno delle Tavole Foglio n°257, Quadrante II Orientazione SE denominato "Calatafimi" mentre la stazione lato utente e il sistema di accumulo interesseranno il Foglio n°257 Quadrante II Orientazione NE "S. Ninfa". Il tracciato del cavidotto ricadrà anche nel Foglio n°258 Quadrante IV Orientazione SO "Monte Pietroso" e il Foglio n°258 Quadrante III Orientazione NO "Gibellina", della Carta Ufficiale d'Italia edita dall' I.G.M.I. in scala 1:25.000. Il progetto si inquadra altresì nella Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000 all'interno delle sezioni 606110 "Monte Baronìa" i cluster da Area 1 ad Area 6 e parte del cavidotto, nella sezione 606120 "Sirignano" i sotto impianti Area 7 e Area 8 e parte del cavidotto, infine nella sezione 606160 "Costa di Raia" la stazione lato utente, il sistema di accumulo e la parte terminale del cavidotto.

L'area interessata dal progetto è facilmente raggiungibile grazie ad una rete di strade di vario ordine presenti in zona.



Figura 3-1 – Inquadramento regionale

Le coordinate delle diverse aree di impianto, nonché del sistema di accumulo, della stazione utente, dello stallo condiviso e delle opere di rete sono riportate in Tabella 2-2.

Si riportano di seguito estratti delle tavole di progetto riportanti l'inquadramento di tali opere.

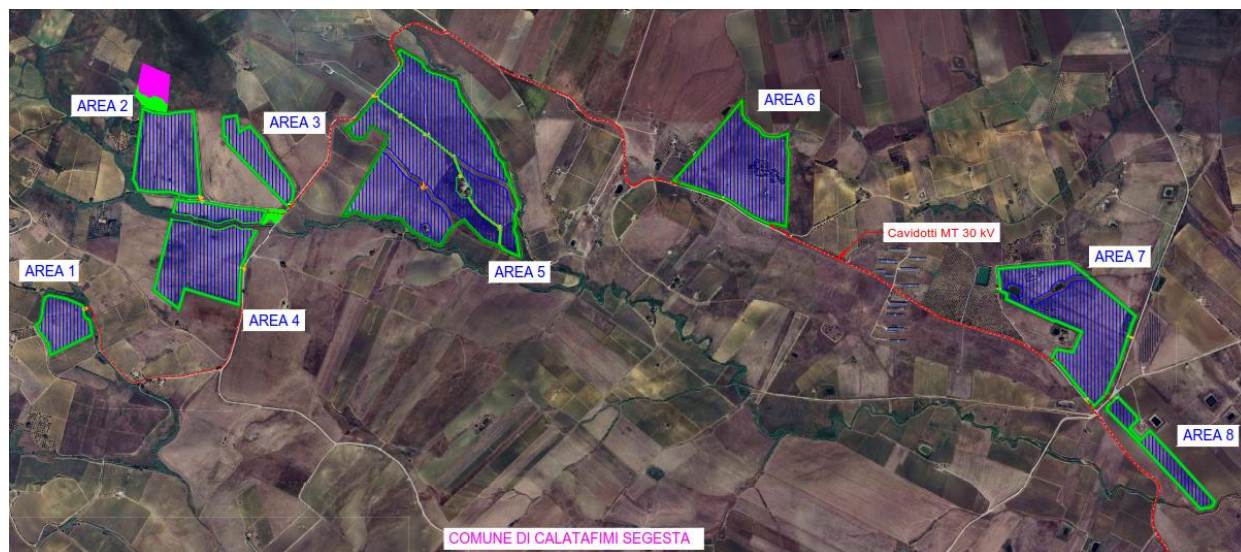


Figura 3-2 – Area impianto su ortofoto

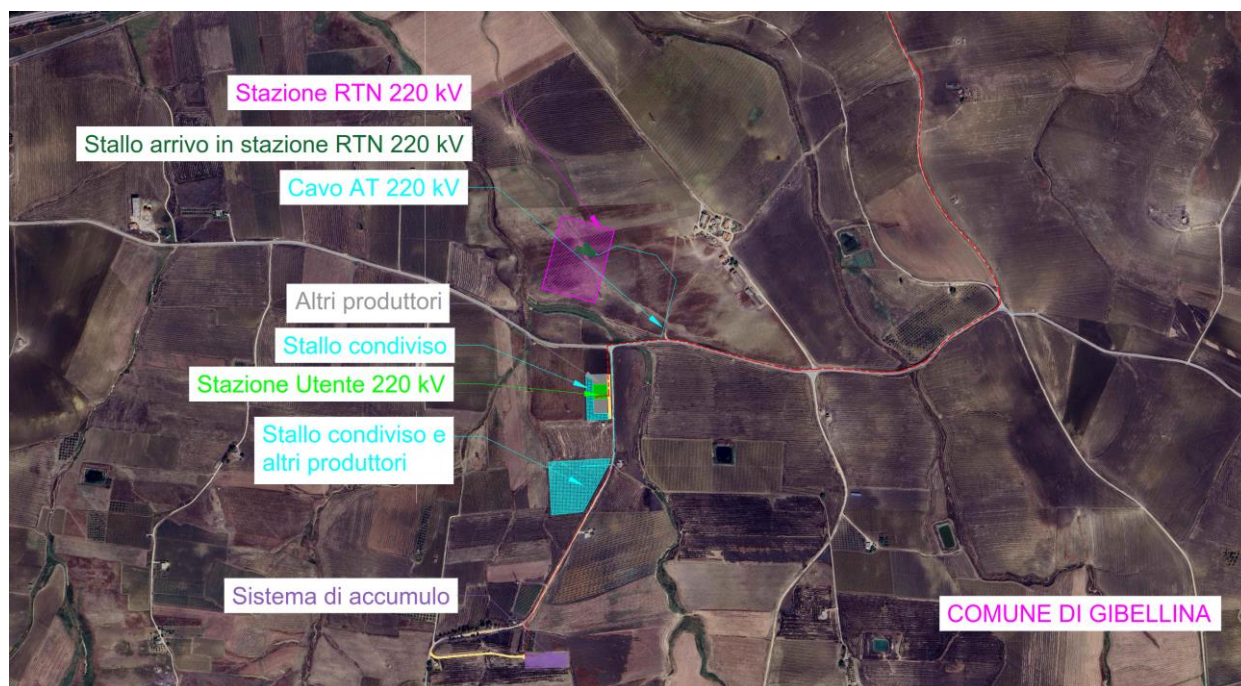


Figura 3-3 – Area opere di rete su ortofoto

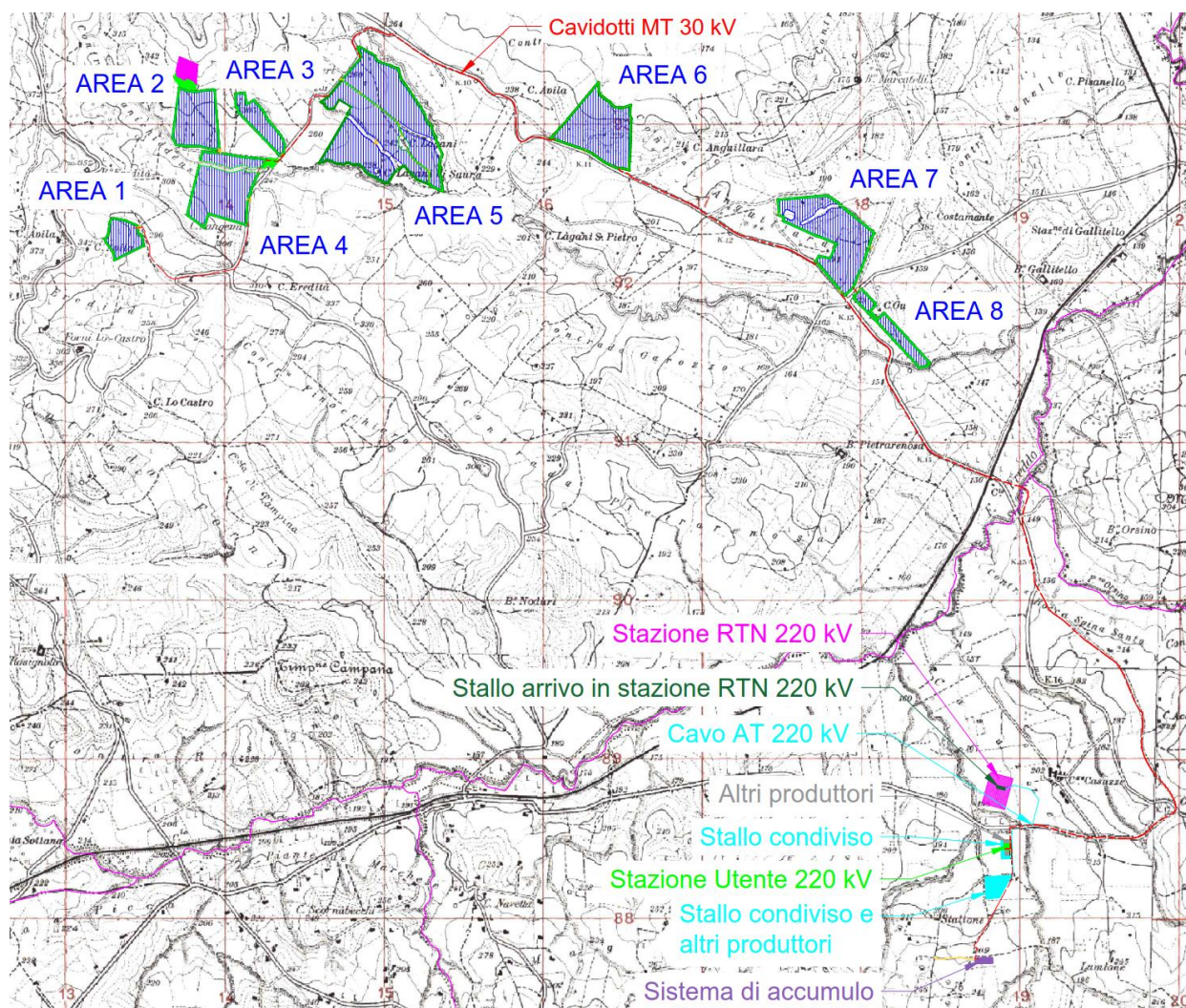


Figura 3-4 – Inquadramento su IGM 1:25000 – Area impianto

4. SCOPO

Il presente documento riporta il dimensionamento preliminare per la selezione delle sezioni dei cavi in media tensione per il collegamento delle cabine di conversione e delle cabine di raccolta dell'impianto oggetto del presente progetto.

I cavi in media tensione raccolgono la potenza generata dai pannelli fotovoltaici per portarla fino al quadro media tensione ubicato nell'edificio della Stazione Utente.

Il percorso dei cavi MT è mostrato negli elaborati di progetto Tav.12 - Planimetria impianto agrivoltaico con identificazione tracciato cavi e tipico posa cavi AC - interni all'impianto e Tav.13 - Planimetria impianto agrivoltaico con identificazione tracciato cavi e tipico posa cavi AC - esterni all'impianto

5. 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 cabina	2,66 / 2,8 / 2,93 / 4,0 / 4,2 / 4,4 MW
Potenza in immissione AC	70,365 MW
Fattore di potenza al punto di connessione	0,95
Caduta di tensione massima ammissibile per ogni tratta	3 %

Tabella 5-1 – Dati di progetto per dimensionamento cavi 30 kV

Le caratteristiche principali dei cavi MT considerati per il progetto, della tipologia ARE4H5E, 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/U _m):	18/30/36 kV
Frequenza nominale:	50 Hz
Sezione	95 ÷ 800 mm ²

Tabella 5-2 – 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:

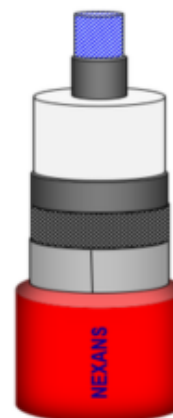
Cavo adatto per posa fissa, in interno o esterno, in aria o direttamente / indirettamente interrato, anche in ambiente umido.

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 5-1 – 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).

Da	A	Distanza (m)	Lunghezza cavi (m)
C01	C07	1620	1684
C07	C06	120	139
C06	C05	130	149
C05	T01	510	540
C02	C03	150	170

Da	A	Distanza (m)	Lunghezza cavi (m)
C03	T01	720	757
T01	SSE	10300	10624
C04	T02	900	942
C11	C13	310	334
C13	C10	100	118
C10	C09	155	175
C09	C08	165	185
C08	T02	135	154
T02	SSE	9600	9903
C14	C15	120	139
C15	C12	410	437
C12	T03	2330	2415
C18	C17	135	154
C17	T03	270	293
T03	SSE	7450	7689
C19	C20	270	293
C20	C21	140	159
C21	C22	360	386
C22	T04	140	159
C16	T04	2100	2178
T04	SSE	5500	5680
BESS	SSE	1270	1323

Tabella 5-3 – Lunghezze cavi 30 kV

6. 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.

6.1. 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 0.8 m): 0.95
- K_2 (temperatura del suolo): 1.00
- K_3 (resistività termica del terreno): 1.00
- K_4 (vicinanza di tre terne nello scavo): 0,70 (considerando la sezione di posa più gravosa lungo il percorso, con distanza di 400 mm tra i centri terne)

Per un coefficiente totale di riduzione della portata dei cavi di 0.67.

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.

6.2. 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

7. 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	C07	1684	50	77	35	95	Unipolare
C07	C06	139	50	77	35	95	Unipolare
C06	C05	149	95	77	35	120	Unipolare
C05	T01	540	185	77	35	240	Unipolare
C02	C03	170	50	77	35	95	Unipolare
C03	T01	757	95	77	35	120	Unipolare
T01	SSE	10624	630	77	500	800	Unipolare
C04	T02	942	50	77	35	95	Unipolare
C11	C13	334	50	77	35	95	Unipolare
C13	C10	118	70	77	35	95	Unipolare
C10	C09	175	185	77	35	240	Unipolare
C09	C08	185	240	77	35	300	Unipolare
C08	T02	154	400	77	35	500	Unipolare
T02	SSE	9903	630	77	500	800	Unipolare
C14	C15	139	50	77	35	95	Unipolare
C15	C12	437	50	77	35	95	Unipolare
C12	T03	2415	120	77	35	150	Unipolare
C18	C17	154	50	77	35	95	Unipolare
C17	T03	293	70	77	35	95	Unipolare
T03	SSE	7689	500	77	300	630	Unipolare
C19	C20	293	50	77	35	95	Unipolare
C20	C21	159	95	77	35	120	Unipolare
C21	C22	386	185	77	35	240	Unipolare
C22	T04	159	240	77	35	300	Unipolare
C16	T04	2178	50	77	35	95	Unipolare
T04	SSE	5680	630	77	240	800	Unipolare
BESS	SSE	1323	185	77	35	240	Unipolare

Tabella 7-1 – Sezioni cavi 30 kV