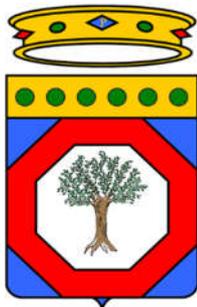




Provincia di Foggia



Regione Puglia



Comune di Troia



HYPHEN RENEWABLES

COMUNE DI TROIA

"TROIA MOFFA"

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO SITO NEL COMUNE DI TROIA (FG) IN LOCALITÀ "MONTALVINO", DI POTENZA AC PARI A 14,00 MW E POTENZA DC PARI A 16,284 MWp, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE (RTN) NEL COMUNE DI TORIA (FG)

Proponente:

HYPHEN PUGLIA 1 S.r.l.
Corso Magenta, 85 - 20123 Milano
Tel: +39 02 8295 8832
PEC: hyphenrenewables1@pec.it

Tecnici e Specialisti:

- Dott.ssa Paola D'Angela: studi e indagini archeologiche;
- Dott.ssa Sara Di Franco: studio previsionale d'impatto acustico;
- Dott. Antonello Fabiano: studi e indagini geologiche e idrogeologiche;
- Dott. Agronomo Chiara Vacca: studio pedoagronomico, progetto agricolo;
- Dott. Naturalista Gianluca Stasolla: piano monitoraggio ambientale;
- Dott. Gabriele Gemma: elaborati grafici, documentazione tecnica;
- Ing. Francesco Ambron: progettazione opere elettriche connessione AT;
- Ing. Pierdomenico Montefinese: progettazione opere elettriche BT – MT;
- Ing. Domenico Lorusso: analisi paesaggistica e studio impatto ambientale

Progettista:

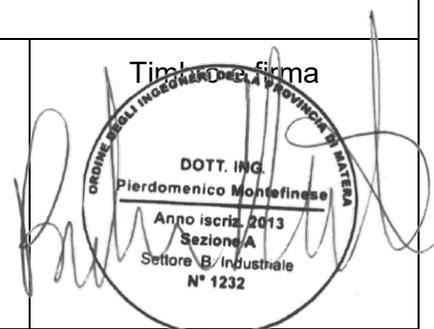
np enne. pi. studio s.r.l.
Lungomare IX Maggio, 38 - 70132 Bari
Tel/Fax +39 0805346068 - 0805346888
e-mail: pietro.novielli@ennepistudio.it

Nome Elaborato:

21- Relazione tecnica opere elettriche impianto AgroFV

Descrizione Elaborato:

Relazione tecnica opere elettriche



03					Scala: varie
02					
01					
00	Aprile 2024	Ing. Montefinese Pierdomenico	Enne Pi Studio Srl	Hyphen Puglia 1 S.r.l.	
Rev	Data	Redatto	Verificato	Approvato	

INDICE

1	PREMESSA	3
2	ACRONIMI E RELATIVE DEFINIZIONI	4
3	DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO	5
4	CARATTERISTICHE TECNICHE CAVI MT E RELATIVO DIMENSIONAMENTO	7
4.1	CARATTERISTICHE DEI CAVI IN MEDIA TENSIONE UTILIZZATI	7
4.2	VERIFICA DELLA PORTATA DI CORRENTE CAVI DOTTI mt interni all'impianto	8
4.3	CALCOLO DELLA POTENZA DISSIPATA	11
4.4	VERIFICA DELLA CADUTA DI TENSIONE.....	13
4.5	CALCOLO PERDITE DI POTENZA ATTIVA	15
4.6	VERIFICA DELLA TENUTA AL CORTOCIRCUITO	15
5	CARATTERISTICHE TECNICHE CAVI BT E RELATIVO DIMENSIONAMENTO	16
5.1	CARATTERISTICHE DEI CAVI IN BASSA TENSIONE UTILIZZATI	21
5.2	VERIFICA DELLA PORTATA CAVI BT	22
5.3	POTENZA DISSIPATA DALLE LINEE BT	24
5.4	VERIFICA DELLA CADUTA DI TENSIONE.....	25
5.5	CALCOLO PERDITE DI POTENZA ATTIVA	26
6	MODALITA' DI POSA	27
6.1	MODALITA' DI POSA SU RETICOLO FLUVIALE	29
7	TEMPERATURA DI POSA	32
8	SOLLECITAZIONE A TRAZIONE	32
9	RAGGI DI CURVATURA DEI CAVI	32
10	RIVESTIMENTO METALLICO DEI CAVI	32
11	LAVORI SU LINEE IN CAVO	33
12	PROVE DI COLLAUDO	33

1 PREMESSA

La presente relazione ha come oggetto la descrizione delle metodologie adottate per il dimensionamento delle linee elettriche di connessione del progetto agrovoltaiico denominato "Troia MOFFA", sito nel comune Troia (FG), in località in località "Montalvino", della potenza in AC di 14,00 MW e della potenza in DC di 16,284 MW, che avverrà sul futuro ampliamento della Stazione Elettrica Terna, che sarà posizionata a circa 500 metri a nord-ovest dall'area impianto nel comune di Troia (FG).

L'impianto agrovoltaiico sarà connesso in antenna a 36 kV sul futuro ampliamento della Stazione Elettrica Terna 150/380kV della RTN denominata "Troia".

NORME E STANDARD

Di seguito l'elenco delle principali norme tecniche di riferimento.

- CEI 0-16: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica;
- CEI 99-2 (CEI EN 61936-1): Impianti con tensione superiore a 1 kV in c.a.;
- CEI 11-17 IIIa Ed. 2006: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo;
- CEI-UNEL 35027 IIa Ed. 2009: Cavi di energia per tensione nominale U da 1 kV a 30 kV;
- Guida CEI 99-4: Guida per l'esecuzione di cabine elettriche MT/BT del cliente/utente finale;
- CEI 99-5: Guida per l'esecuzione degli impianti di terra delle utenze attive e passive connesse ai sistemi di distribuzione con tensione superiore a 1 kV in c.a.;
- CEI EN 50522: Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.;
- CEI EN 60076-10: Determinazione dei livelli sonori dei trasformatori di potenza;
- CEI EN 61000-6-2: Compatibilità elettromagnetica (EMC) - Parte 6-2: Norme generiche - Immunità per gli ambienti industriali;
- CEI EN 61000-6-4: Compatibilità elettromagnetica (EMC) - Parte 6-4: Norme generiche - Emissione per gli ambienti industriali;
- CEI EN 61936-1: Impianti elettrici con tensione superiore a 1kV in c.a. – Parte 1: Prescrizioni comuni;
- CEI EN 62305-1: Protezioni contro i fulmini – Parte 1: Principi generali;
- CEI EN 62305-2: Protezioni contro i fulmini – Parte 2: Valutazione del rischio;
- CEI EN 62305-3: Protezioni contro i fulmini – Parte 3: Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone;
- CEI EN 62305-4: Protezioni contro i fulmini – Parte 4: Impianti Elettrici ed elettronici nelle strutture;
- CEI 17-1 VIa Ed. 2005: Apparecchiatura ad alta tensione. Parte 100: Interruttori a corrente alternata ad alta tensione;
- 17-9/1 Interruttori di manovra e interruttori di manovra-sezionatori per tensioni nominali superiori a 1kV e inferiori a 52 kV;
- IEC 60502-2 IIa Ed. 2005-03: Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV up to 30 kV – Part 2;
- 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);

- IEC 62933-1: Electrical energy storage (EES) systems - Part 1 Vocabulary;
- IEC 62933-2-1: Electrical energy storage (EES) systems - Part 2-1 Unit parameters and testing methods - General specification;
- IEC 62933-3-1: Electrical energy storage (EES) systems - Part 3-1 Planning and performance assessment of electrical energy storage systems - General specification;
- IEC 62933-4-1: Electrical energy storage (EES) systems - Part 4-1 Guidance on environmental issues - General specification;
- IEC 62933-5-1: Electrical energy storage (EES) systems - Part 5-1 Safety considerations for grid-integrated EES systems - General specification;
- IEC 62933-5-2: Electrical energy storage (EES) systems - Part 5-2 Safety requirements for grid-integrated EES systems - Electrochemical-based systems;
- NFPA 15: Standard for Water Spray Fixed Systems for Fire Protection;
- NFPA 855: Standard for the Installation of Stationary Energy Storage Systems;
- UL 9540: Standard for Energy Storage Systems and Equipment;
- UL 9540°: Standard for Test Method for Evaluating Thermal Runaway Fire Propagation in Battery Energy Storage Systems;
- UNI 9795: Sistemi fissi automatici di rivelazione e di segnalazione allarme d'incendio - Progettazione, installazione ed esercizio;
- UNI-CEN-TS 14816: Installazioni fisse antincendio - Sistemi spray ad acqua - Progettazione, installazione e manutenzione;

I riferimenti di cui sopra possono non essere esaustivi. Ulteriori disposizioni di legge, norme e deliberazioni in materia, purché vigenti, anche se non espressamente richiamate, si considerano applicabili.

2 ACRONIMI E RELATIVE DEFINIZIONI

AT: Alta tensione

MT: Media tensione

BT: Bassa tensione

AC: Corrente alternata

DC: Corrente continua

CC: Cabina di Campo

SE: Stazione Elettrica

CR: Cabina di Raccolta

AreaT: Area di trasformazione

3 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

L'impianto agrovoltaico con denominazione "Troia MOFFA", da ubicare nel Comune di Troia (FG), avrà potenza in AC di 14,00 MW e potenza in DC di 16,284 MW. All'interno del campo saranno posizionate n. 1 cabina di raccolta, n. 4 cabine di campo (inverter - trasformatori) da 4.200 kVA (per i 4 sottocampi), n. 1 cabina (locale tecnico) per servizi ausiliari e n. 3 container officina, manutenzione e deposito. Sarà inoltre realizzata all'interno del campo AgroFV, un'area dedicata alla trasformazione a 36 kV.

Dalla cabina di raccolta uscirà il cavo a Media Tensione che entrerà nell'area a 36 kV, e qui avverrà la trasformazione ed elevazione da MT ad AT. La connessione al futuro ampliamento della S.E. di Terna avverrà con cavidotto AT a 36 kV della lunghezza di circa 1,2 km, cavidotto totalmente interrato.

Il cavidotto insisterà per lo più su terreni privati, oltre ad un tratto su strada locale non asfaltata, prima di arrivare all'area della nuova Stazione elettrica.

L'elettrodotto interrato sarà costituito da cavi unipolari RG16H1R12 18/30 kV con conduttori in rame, posati a trifoglio, con guaina isolante in PVC e con tensione di esercizio di 36 kV.

Il cavidotto sarà interrato ad una profondità minima di 1,5 m dal p.c., in corrispondenza di attraversamenti sarà protetto meccanicamente con tubazione il cui diametro nominale interno non deve essere inferiore a 1,4 volte il diametro del cavo stesso ovvero il diametro circoscritto del fascio di cavi (come prescrive la norma CEI 11-17). L'installazione sarà equipaggiata con una protezione meccanica (lastra o tegolo), un nastro segnalatore e cartelli segnalatori per cavi interrati. I cavi saranno posati in uno scavo a sezione obbligata con larghezza di 0,6 m. Le linee elettriche saranno ricoperte con il medesimo tipo di sabbia vagliata, la restante parte dello scavo sarà riempita con materiale di risulta e/o di riporto di idonee caratteristiche. Di seguito si riporta la planimetria dei cavidotti in media tensione interni all'impianto.

LEGENDA

	Perimetro catastale
	Recinzione impianto agrovoltaico
	Stazione Elettrica di TERNA
	Fascia di rispetto linea AT
	Aree non idonee
	Area a 36 kV
	Viabilità di progetto
	Pali di illuminazione
	Stazione monitoraggio
	N. 5 sassaie per protezione rettili e anfibi
	Alberi
	Reticolo idrografico con fascia di rispetto
	Cabina di trasformazione
	Magazzino/Officina
	Cabina di raccolta
	Locale tecnico
	Tracker Soltec monoassiale 2x12 e 2x24 con doppio modulo bifacciale Jinko Solar da 590 W
	Cancello di ingresso
	DC Combiner BOX
	Impianto rete di Terra
	Cavo solare in C.C. unipolare Tipo H1Z2Z2-K - Ø1x70mm ²
	Singola terna di cavi in rame Tipo RG16H1R12 18/30 KV Ø1x3x35mm ²
	Singola terna di cavi in rame Tipo RG16H1R12 18/30 KV Ø1x3x70mm ²
	Singola terna di cavi in rame Tipo RG16H1R12 18/30 KV Ø1x3x150mm ²

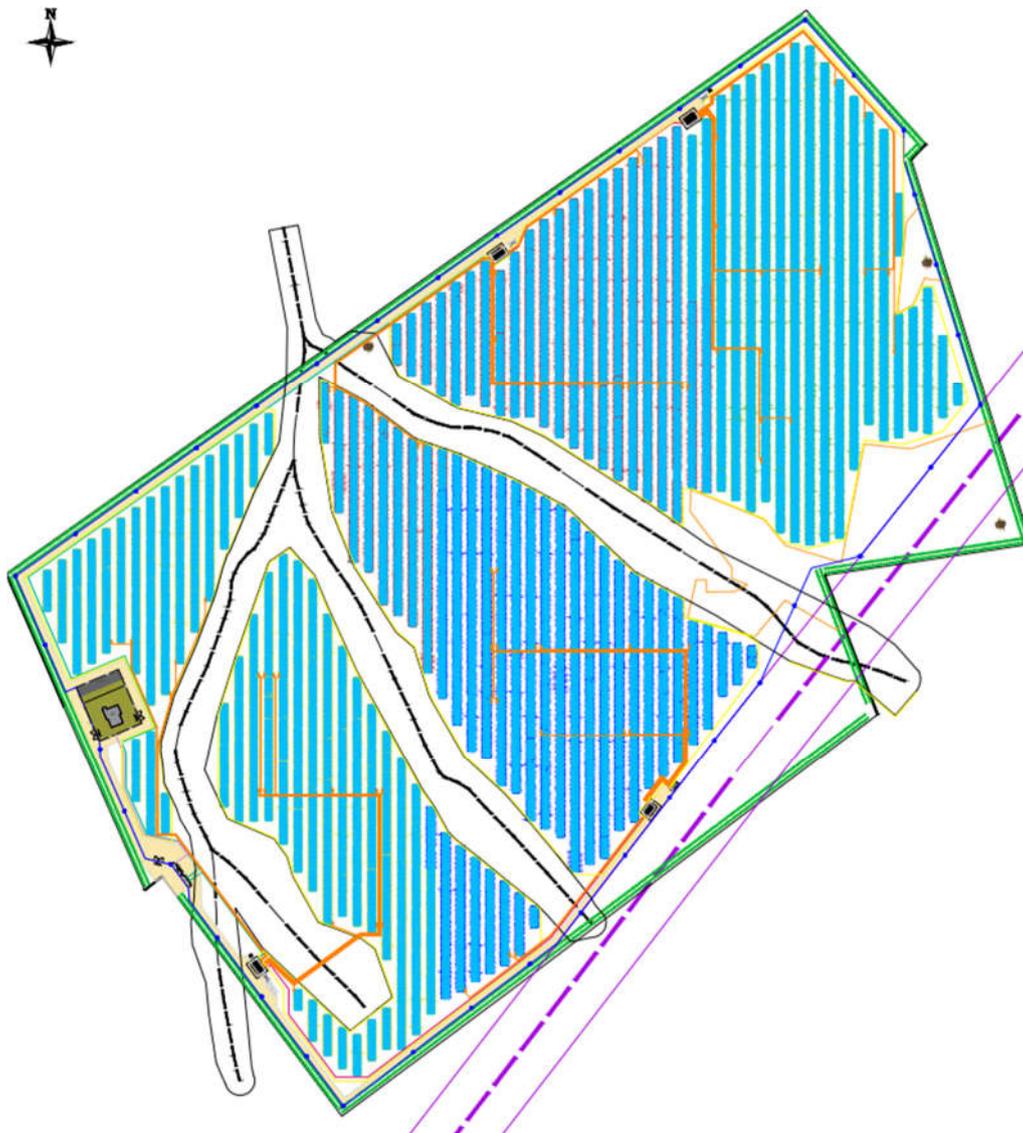


Figura 1: Planimetria cavidotto MT esterno all'impianto

I cavi MT andranno a costituire una linea di connessione che connette l'area a 36kV alla stazione elettrica. Nella tabella seguente si riportano le caratteristiche geometriche dei collegamenti dei cavi MT:

TRATTA		Lunghezza (m)	Ic (A)	Sez. (mmq)	N. linee in trincea	ΔP (KW)
CABINA DI RACCOLTA	AREA DI TRASFORMAZIONE A 36 kV	120	269,43	3x150	1	0,807
CABINA DI CAMPO 1	CABINA DI CAMPO 2	150	67,35	3x35	1	0,257
CABINA DI CAMPO 3	CABINA DI CAMPO 4	380	67,35	3x35	1	0,607
CABINA DI CAMPO 2	CABINA DI RACCOLTA	700	134,7	3x70	1	2,296
CABINA DI CAMPO 4	CABINA DI RACCOLTA	85	134,7	3x70	1	0,279

Tabella 1: Caratteristiche geometriche linee MT

4 CARATTERISTICHE TECNICHE CAVI MT E RELATIVO DIMENSIONAMENTO

4.1 CARATTERISTICHE DEI CAVI IN MEDIA TENSIONE UTILIZZATI

I collegamenti di Media Tensione saranno realizzati mediante cavi ad isolamento solido non propaganti l'incendio e a basso sviluppo di fumi e gas tossici e corrosivi in caso di incendio (CEI 20-22/2, 20-37, 20-38, 20-35, 20-38/1, 20-22/3, 20-27/1). In modo particolare sarà studiata la migliore condizione di posa dei cavi dimedia tensione, al fine di equilibrare la distribuzione delle correnti nelle fasi. Nella posa saranno rispettate le prescrizioni del costruttore, con il fine di mantenere i coefficienti di correzione delle portate di corrente prossimi all'unità. Il tratto di elettrodotto MT interrato all'esterno dell'impianto sarà costituito da una terna composta da 3 cavi unipolari realizzati con conduttore in rame di tipo **RG16H1R12 18/30 kV**, posati a trifoglio, isolante in HEPR G16, schermatura in rame e guaina esterna in PVC R12, di cui si riporta scheda tecnica.



RG16H1R12 da 1,8/3kV a 18/30 kV.
(UNIPOLARI EX RG7H1R) CPR Eca

UNIPOLARI MEDIA TENSIONE
MEDIOM VOLTAGE

CE_{mt}  

Model Product: 710-7L0-7M0-700-7P0-7Q0 - 20201023

Norme di riferimento	Standards
	CEI 20-13, HD 620 IEC 60502pqa EN 50575:2014 + EN 50575/A1:2016 (IEC 60332-1-2)




<p>Conduttore rigido di rame rosso ricotto. Classe 2. Semiconduttore interno elastomerico estruso Isolamento in HEPR di qualità G16 Semiconduttore esterno elastomerico estruso pelabile a freddo per il grado 1,8/3kV solo su richiesta Schermo costituito a fili di rame rosso Guaina in PVC qualità R12</p>	<p>Rigid class 2 red copper conductor. Inner semi-conducting layer Elastomeric mixture insulation (G16 quality). Outer semi-conducting layer special high module hepr for 1.8 / 3 kV only on request Red copper wire shield. Outer Sheath PVC R12 type.</p>
--	---

<i>Tensione nominale U0</i>	da 1,8kV a 18kV	<i>Nominal voltage U0</i>
<i>Tensione nominale U</i>	da 3kV a 30kV	<i>Nominal voltage U</i>
<i>Temperatura massima di esercizio</i>	+90°C	<i>Maximun operating temperature</i>
<i>Temperatura massima di corto circuito</i>	+250°C	<i>Maximun short circuit temperature</i>
<i>Temperatura minima di esercizio (senza shock meccanico)</i>	-15°C	<i>Min. operating temperature (without mechanical shocks)</i>
<i>Temperatura minima di installazione e maneggio</i>	0°C	<i>Minimum installation and use temperature</i>

Figura 2: Scheda tecnica cavi MT RG16H1R12 18/30 kV

4.2 VERIFICA DELLA PORTATA DI CORRENTE CAVIDOTTI MT INTERNI ALL'IMPIANTO

L'elettrodotto dovrà assicurare una portata di 3,5 MW per la connessione della Cabina di Campo 1 alla Cabina di campo 2 e per la connessione della Cabina di Campo 3 alla Cabina di Campo 4.

Per la connessione delle Cabine di Campo 2 e 4 alla Cabina di Raccolta l'elettrodotto dovrà assicurare una portata di 7 MW.

Mentre per la connessione della Cabina di Raccolta all'Area di Trasformazione l'elettrodotto dovrà assicurare una portata di 14 MW.

La corrente massima di impiego può essere calcolata tenendo conto dei limiti di esercizio imposti dalla Norma CEI 11-32. Per la realizzazione del cavidotto sarà utilizzata una terna di cavi con posa interrata a trifoglio, la corrente massima che interessa ciascuna linea risulta pertanto la seguente:

$$I_{b_max} = \frac{P_{max}}{\sqrt{3}V_n} = \frac{3,5 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 30 \cdot 10^3} = 67,35 A$$

$$I_{b_max} = \frac{P_{max}}{\sqrt{3}V_n} = \frac{7 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 30 \cdot 10^3} = 134,7 A$$

$$I_{b_max} = \frac{P_{max}}{\sqrt{3}V_n} = \frac{14 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 30 \cdot 10^3} = 269,4 A$$

Dove si è considerato 30 KV come tensione nominale.

La linea sarà realizzata interamente in cavo interrato, in modo da ridurre al minimo l'impatto ambientale, e i cavi utilizzati saranno del tipo RG16H1R12 unipolare ad isolamento PVC.

Per il dimensionamento della sezione per la connessione della Cabina di Campo 1 alla Cabina di campo 2 e per la connessione della Cabina di Campo 3 alla Cabina di Campo 4 si è considerata una corrente massima teorica di 182 A (vedi Tab. 2 tipica per cavi di Media Tensione isolati in gomma HEPR con posa a trifoglio), a cui corrisponde una portata dei di cavi da 35 mm² (vedi tabella riportata di seguito dove è riportata la corrente I₀).

Per il dimensionamento della sezione per la connessione delle Cabine di Campo 2 e 4 alla Cabina di Raccolta si è considerata una corrente massima teorica di 400 A (vedi Tab. 2 tipica per cavi di media tensione isolati in gomma HEPR con posa a trifoglio), a cui corrisponde una portata dei di cavi da 150 mm² (vedi tabella riportata di seguito dove è riportata la corrente I₀).

Formazione	Resistenza elettrica a 20°C	Capacità a 50 Hz	Resistenza apparente a 90°C e 50 Hz		Reattanza di fase		Portata di corrente			
			A trifoglio	In piano	A trifoglio	In piano	In aria a trifoglio	In aria in Piano	Interrato a trifoglio	Interrato in piano
Formation	Electric Resistance 20°C	Capacities 50 Hz	Apparent resistance at 90°C and 50 Hz		Phase Reactance		Current carrying capacities			
			Trefoil formation	Flat	Trefoil formation	Flat	Trefoil formation in air	Flat in air	Trefoil formation in ground	Flat in ground
(N° x mmq)	(Ohm/km)	(microF/km)	(Ohm/km)	(Ohm/km)	(Ohm/km)	(Ohm/km)	(A)	(A)	(A)	(A)
Unipolare / Single core										
1x35	0.524	0.14	0.669	0.669	0.15	0.20	191	212	182	188
1x50	0.387	0.15	0.494	0.494	0.15	0.20	229	254	214	222
1x70	0.268	0.16	0.342	0.342	0.14	0.20	285	316	263	272
1x95	0.193	0.18	0.246	0.246	0.13	0.19	347	387	314	325
1x120	0.153	0.19	0.196	0.196	0.13	0.18	401	445	358	370
1x150	0.124	0.20	0.159	0.158	0.12	0.18	452	505	400	415
1x185	0.0991	0.22	0.128	0.127	0.12	0.18	520	580	453	469
1x240	0.0754	0.24	0.0985	0.0972	0.11	0.17	615	680	525	540
1x300	0.0601	0.27	0.0797	0.0779	0.11	0.17	705	775	593	606
1x400	0.0470	0.29	0.0638	0.0616	0.11	0.16	815	895	671	685
1x500	0.0366	0.32	0.0517	0.0489	0.10	0.16	943	1030	761	775
1x630	0.0283	0.36	0.0425	0.0389	0.099	0.16	1085	1170	860	875

Tabella 2: Caratteristiche elettriche cavo RG16h1r12 – 18/30 kV

Si osserva che per il calcolo si è utilizzata la formula con fattori correttivi k come la seguente:

$$I_z = I_0 k_1 k_2 k_3 k_4$$

dove si è indicato con:

I_0 = portata nominale del cavo a 20 °C relativa al metodo di installazione previsto (Tab. I);

$K_1 = 0,89$ (isolamento in EPR, e temperatura terreno sino a 35°C come da Tab. II);

$K_2 = 1$ (fattore di correzione per gruppi di più circuiti installati sullo stesso piano, per installazioni a regola d'arte);

$K_3 = 0,94$ (fattore di correzione per profondità di interramento, profondità 1,5 qualora fosse necessario interrare a profondità maggiori i 1,5 m, come da Tab. IV);

$K_4 = 0,82$ è il valore più critico, che può assumere diversi valori in base alla resistività del terreno (vedi Tab. V, il caso maggiormente critico).

Per cui abbiamo:

$$I_{z(CC1-CC2e\ CC3-CC4)} = I_z k_1 k_2 k_3 k_4 = 182 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 0,94 \cdot 0,82 = 124,85 > I_{b_max} = 67,35 \text{ A}$$

$$I_{z(CC2-CR\ e\ CC4-CR)} = I_z k_1 k_2 k_3 k_4 = 263 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 0,94 \cdot 0,82 = 180,42 > I_{b_max} = 134,7 \text{ A}$$

$$I_{z(CR-AreaT)} = I_z k_1 k_2 k_3 k_4 = 400 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 0,94 \cdot 0,82 = 180,42 > I_{b_max} = 274,4 \text{ A}$$

Riportiamo di seguito le tabelle dalle quali si sono dedotti con approssimazione i valori dei fattori di correzione.

Tab. II **Fattore di correzione per temperature del terreno diverse da 20 °C**

Temperatura del terreno (°C)	TIPO DI ISOLAMENTO	
	PVC	EPR
10	1,1	1,07
15	1,05	1,04
25	0,95	0,96
30	0,89	0,93
35	0,84	0,89
40	0,77	0,85
45	0,71	0,8
50	0,63	0,76
55	0,55	0,71
60	0,45	0,65
65	—	0,6
70	—	0,53
75	—	0,46
80	—	0,38

Tab. IV **Fattori di correzione per differenti valori di profondità di posa**

Profondità di posa (m)	0,5	0,8	1,0	1,2	1,5
Fattore di correzione	1,02	1,00	0,98	0,96	0,94

Tab. V **Fattori di correzione per differenti valori di resistività termica del terreno**

Cavi unipolari

Resistività del terreno (K·m/W)	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5
Fattore di correzione	1,08	1,05	1,00	0,90	0,82

Cavi multipolari

Resistività del terreno (K·m/W)	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5
Fattore di correzione	1,06	1,04	1,00	0,91	0,84

A titolo di esempio si riporta il grafico di I_z confrontandolo con il valore di I_{b_max} al variare del parametro sensibile K4, dove risulta che per una sezione pari a 70 mmq, 35 mmq e 150 mmq la I_{b_max} è al di sotto della curva (condizione di verifica soddisfatta)

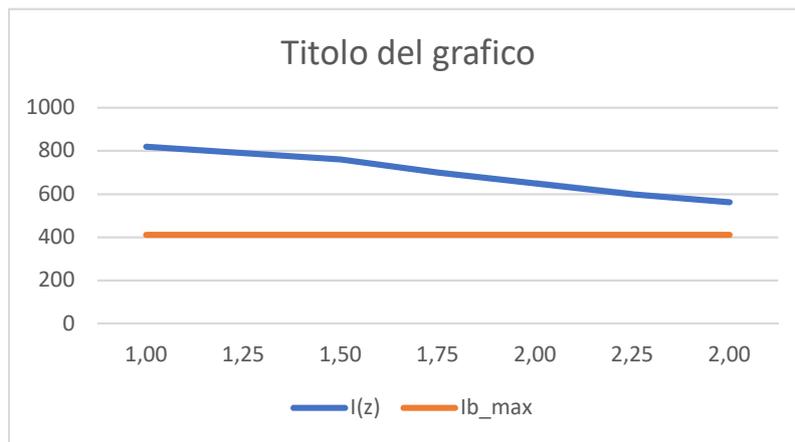


Figura 3: Confronto della corrente I_z con la corrente I_{b_max} al variare della resistività del terreno

Nella progettazione esecutiva sarà stimata con accuratezza la conducibilità elettrica e altri fattori attinenti alla posa, al fine di valutare la profondità effettiva dello scavo e le correnti di impiego/esercizio, anche per una maggiore validazione circa la scelta della sezione.

4.3 CALCOLO DELLA POTENZA DISSIPATA

Per il calcolo del fattore di dissipazione del cavo si è considerata la resistenza apparente del cavo a 90°C e 50 Hz.

Il calcolo della potenza dissipata si effettua come di seguito:

Formazione	Resistenza elettrica a 20°C	Capacità a 50 Hz	Resistenza apparente a 90°C e 50 Hz		Reattanza di fase		Portata di corrente			
			A trifoglio	In piano	A trifoglio	In piano	In aria a trifoglio	In aria in Piano	Interrato a trifoglio	Interrato in piano
Formation	Electric Resistace 20°C	Capacities 50 Hz	Apparent resistance at 90°C and 50 Hz		Phase Reactance		Current carrying capacities			
(N° x mmq)	(Ohm/km)	(microF/km)	Trefoil formation	Flat	Trefoil formation	Flat	Trefoil formation in air	Flat in air	Trefoil formation in ground	Flat in ground
Unipolare / Single core										
1x35	0.524	0.14	0.669	0.669	0.15	0.20	191	212	182	188
1x50	0.387	0.15	0.494	0.494	0.15	0.20	229	254	214	222
1x70	0.268	0.16	0.342	0.342	0.14	0.20	285	316	263	272
1x95	0.193	0.18	0.246	0.246	0.13	0.19	347	387	314	325
1x120	0.153	0.19	0.196	0.196	0.13	0.18	401	445	358	370
1x150	0.124	0.20	0.159	0.158	0.12	0.18	452	505	400	415
1x185	0.0991	0.22	0.128	0.127	0.12	0.18	520	580	453	469
1x240	0.0754	0.24	0.0985	0.0972	0.11	0.17	615	680	525	540
1x300	0.0601	0.27	0.0797	0.0779	0.11	0.17	705	775	593	606
1x400	0.0470	0.29	0.0638	0.0616	0.11	0.16	815	895	671	685
1x500	0.0366	0.32	0.0517	0.0489	0.10	0.16	943	1030	761	775
1x630	0.0283	0.36	0.0425	0.0389	0.099	0.16	1085	1170	860	875

Note

Le portate dei cavi interrati sono stati calcolati con resistività termica del Terreno 100°C cm/W

Note

The current carrying capacities of underground cables have been calculated with thermal resistivity of the Land 100 ° C cm / W

Tabella 3: Resistenza apparente dei cavi in media tensione

$$\text{Potenza dissipata in 1km dalla linea [W/km]} = \text{resistenza terna} [\Omega/\text{km}] \cdot (\text{portata di corrente [A]})^2$$

$$\text{Potenza totale dissipata dalla linea} = \text{potenza dissipata in 1km dalla linea} \cdot \text{lunghezza linea [km]}$$

La potenza dissipata dalla linea MT CC1-CC2 e CC3-CC4 per km è pari a:

$$\text{Potenza dissipata in 1km dalla linea [W/km]} = 0,669[\Omega/\text{km}] \cdot 67,35^2 = 3.035 \text{ W/km}$$

Quindi la potenza dissipata dalla linea MT CC1-CC2 risulta:

$$\text{Potenza totale dissipata dalla linea CC1-CC2 [W]} = 3.035[\text{W/km}] \times 0,15 \text{ km} = 455\text{W}$$

La potenza dissipata dalla linea MT CC3-CC4 risulta:

$$\text{Potenza totale dissipata dalla linea CC3-CC4 [W]} = 3.035 [\text{W/km}] \times 0,38 \text{ km} = 1153\text{W}$$

La potenza dissipata dalla linea MT CC2-CR e CC4-CR per km è pari a:

$$\text{Potenza dissipata in 1km dalla linea [W/km]} = 0,342[\Omega/\text{km}] \cdot 134,7^2 = 6.206 \text{ W/km}$$

Quindi la potenza dissipata dalla linea MT CC2-CR risulta:

$$\text{Potenza totale dissipata dalla linea CC2-CR [W]} = 6.206 [\text{W/km}] \times 0,7 \text{ km} = 4345\text{W}$$

La potenza dissipata dalla linea MT CC4-CR risulta:

$$\text{Potenza totale dissipata dalla linea CC4-CR [W]} = 6.206 [\text{W/km}] \times 0,085 \text{ km} = 527\text{W}$$

La potenza dissipata dalla linea MT CR-AreaT per km è pari a:

$$\text{Potenza dissipata in 1km dalla linea [W/km]} = 0,159[\Omega/\text{km}] \cdot 269,4^2 = 11542 \text{ W/km}$$

Quindi la potenza dissipata dalla linea MT CR-AreaT risulta:

$$\text{Potenza totale dissipata dalla linea CR-AreaT [W]} = 11542[\text{W/km}] \times 0,12 \text{ km} = 1385\text{W}$$

La caduta di potenza percentuale sulle suddette linee è data rispettivamente da:

$$\Delta P_{\%CC1-CC2} = \frac{\Delta P_{linea}}{P_n} \cdot 100 = \frac{455 \text{ W}}{3,5 \cdot 10^6 \text{ W}} \cdot 100 \approx 0,0130\%$$

$$\Delta P_{\%CC3-CC4} = \frac{\Delta P_{linea}}{P_n} \cdot 100 = \frac{1153 \text{ W}}{3,5 \cdot 10^6 \text{ W}} \cdot 100 \approx 0,0033\%$$

$$\Delta P_{\%CC2-CR} = \frac{\Delta P_{linea}}{P_n} \cdot 100 = \frac{4345\text{W}}{7 \cdot 10^6 \text{ W}} \cdot 100 \approx 0,0621\%$$

$$\Delta P_{\%CC4-CR} = \frac{\Delta P_{linea}}{P_n} \cdot 100 = \frac{527\text{W}}{7 \cdot 10^6 \text{ W}} \cdot 100 \approx 0,0075\%$$

$$\Delta P_{\%CR-AreaT} = \frac{\Delta P_{linea}}{P_n} \cdot 100 = \frac{1385\text{W}}{14 \cdot 10^6 \text{ W}} \cdot 100 \approx 0,0099\%$$

Quindi la caduta di tensione percentuale rientra nel massimo valore accettabile dalle norme (tipicamente 2%).

Riportiamo una tabella riassuntiva delle caratteristiche della posa interrata MT (Dati nominali di funzionamento dell'elettrodotto):

Tensione	30kV
Frequenza Nominale	50 Hz
Corrente Nominale (massima di esercizio) per una potenza di 14 MW	224,5 A
Corrente Nominale (massima di esercizio) per una potenza di 3,5 MW	67,35 A
Corrente Nominale (massima di esercizio) per una potenza di 7 MW	134,7 A
Corrente Massima teorica nelle condizioni di posa per ciascuna terna 3x35	182 A
Corrente Massima teorica nelle condizioni di posa per ciascuna terna 3x70	263 A
Corrente Massima teorica nelle condizioni di posa per ciascuna terna 3x150	400 A
Potenza in immissione AC	14,000 MW
Tipologia di cavo	Unipolare isolati in HEPR di qualità G16 (una terna da 3x70 , 3x35,3x150)
Lunghezza cavidotto interrato interno all'impianto CC1-CC2	0,15 km
Lunghezza cavidotto interrato interno all'impianto CC3-CC4	0,38 km
Lunghezza cavidotto interrato interno all'impianto CC2-CR	0,7 km
Lunghezza cavidotto interrato interno all'impianto CC4-CR	0,085 km
Lunghezza cavidotto interrato interno all'impianto CR-AreaT	0,12 km
Temperatura massima operativa del cavo	90 °C
Tipologia di posa	Interrata a trifoglio
Profondità di posa (in base alla conducibilità del terreno)	almeno 1.5 m
Potenza dissipata per km dalla terna di 3x35 mmq	3,035 kW/km
Potenza dissipata per km dalla terna di 3x70 mmq	6,206 kW/km
Potenza dissipata per km dalla terna di 3x150 mmq	11,54 kW/km
Potenza dissipata per 0,15 km	0,455 kW
Potenza dissipata per 0,38 km	1,153 kW
Potenza dissipata per 0,7 km	4,345 kW
Potenza dissipata per 0,085 km	0,527 kW
Potenza dissipata per 0,12 km	1,385 kW

Tabella 4: Caratteristiche della posa interrata per cavi MT

4.4 VERIFICA DELLA CADUTA DI TENSIONE

L'utilizzo delle fonti rinnovabili di produzione di energia genera sull'ambiente circostante impatti socio-economici rilevanti, distinguibili in diretti, indiretti e indotti. Il calcolo della caduta di tensione (indicata con ΔV e riferita alla tensione concatenata del sistema) lungo la tratta in esame può essere effettuato mediante la relazione:

$$\Delta V = \sqrt{3} \cdot I_{b_max} \cdot L \cdot (r_{90^\circ})$$

Dove:

- r_{90° = resistenza chilometrica a 90° del conduttore del cavo [Ω/Km]
- L lunghezza del cavo [Km]

Dal calcolo risulta:

$$\Delta V_{CC1-CC2} = \sqrt{3} \cdot 67,35 \cdot 0,15 \text{ km} \cdot (0,669) = 11,70V$$

$$\Delta V_{CC3-CC4} = \sqrt{3} \cdot 67,35 \cdot 0,38 \text{ km} \cdot (0,669) = 29,66V$$

$$\Delta V_{CC2-CR} = \sqrt{3} \cdot 134,7 \cdot 0,7 \text{ km} \cdot (0,342) = 55,86V$$

$$\Delta V_{CC4-CR} = \sqrt{3} \cdot 134,7 \cdot 0,085 \text{ km} \cdot (0,342) = 6,78V$$

$$\Delta V_{CC4-AreaT} = \sqrt{3} \cdot 269,4 \cdot 0,12 \text{ km} \cdot (0,159) = 8,9V$$

La caduta di tensione percentuale è data da:

$$\Delta V_{\%CC1-CC2} = \frac{\Delta V}{V_n} \cdot 100 = \frac{11,70V}{30000 V} \cdot 100 \approx 0,039\%$$

$$\Delta V_{\%CC3-CC4} = \frac{\Delta V}{V_n} \cdot 100 = \frac{29,65V}{30000 V} \cdot 100 \approx 0,0989\%$$

$$\Delta V_{\%CC2-CR} = \frac{\Delta V}{V_n} \cdot 100 = \frac{55,68V}{30000 V} \cdot 100 \approx 0,1862\%$$

$$\Delta V_{\%CC4-CR} = \frac{\Delta V}{V_n} \cdot 100 = \frac{6,78V}{30000 V} \cdot 100 \approx 0,0226\%$$

$$\Delta V_{\%CR-AreaT} = \frac{\Delta V}{V_n} \cdot 100 = \frac{8,9V}{30000 V} \cdot 100 \approx 0,0297\%$$

Quindi la caduta di tensione percentuale rientra nel massimo valore accettabile dalle norme (tipicamente 2%).

Formazione	Resistenza elettrica a 20°C	Capacità a 50 Hz	Resistenza apparente a 90°C e 50 Hz		Reattanza di fase		Portata di corrente			
			A trifoglio	In piano	A trifoglio	In piano	In aria a trifoglio	In aria in Piano	Interrato a trifoglio	Interrato in piano
Formation	Electric Resistance 20°C	Capacities 50 Hz	Apparent resistance at 90°C and 50 Hz		Phase Reactance		Current carrying capacities			
			Trefoil formation	Flat	Trefoil formation	Flat	Trefoil formation in air	Flat in air	Trefoil formation in ground	Flat in ground
(N° x mmq)	(Ohm/km)	(microF/km)	(Ohm/km)	(Ohm/km)	(Ohm/km)	(Ohm/km)	(A)	(A)	(A)	(A)
Unipolare / Single core										
1x35	0.524	0.14	0.669	0.669	0.15	0.20	191	212	182	188
1x50	0.387	0.15	0.494	0.494	0.15	0.20	229	254	214	222
1x70	0.288	0.16	0.342	0.342	0.14	0.20	285	316	263	272
1x95	0.193	0.18	0.246	0.246	0.13	0.19	347	387	314	325
1x120	0.153	0.19	0.196	0.196	0.13	0.18	401	445	358	370
1x150	0.124	0.20	0.159	0.158	0.12	0.18	452	505	400	415
1x185	0.0991	0.22	0.128	0.127	0.12	0.18	520	580	453	469
1x240	0.0754	0.24	0.0985	0.0972	0.11	0.17	615	680	525	540
1x300	0.0601	0.27	0.0797	0.0779	0.11	0.17	705	775	593	606
1x400	0.0470	0.29	0.0638	0.0616	0.11	0.16	815	895	671	685
1x500	0.0366	0.32	0.0517	0.0489	0.10	0.16	943	1030	761	775
1x630	0.0283	0.36	0.0425	0.0389	0.099	0.16	1085	1170	860	875

Note

Le portate dei cavi interrati sono stati calcolati con resistività termica del Terreno 100°C cm/W

Note

The current carrying capacities of underground cables have been calculated with thermal resistivity of the Land 100 ° C cm / W

Tabella 5: Caratteristiche elettriche cavo RG16H1R12 – 18/30 kV

4.5 CALCOLO PERDITE DI POTENZA ATTIVA

In condizioni di pieno carico della linea, quindi con corrente massima, la perdita di potenza attiva per effetto Joule lungo la linea corrisponde a:

$$P_{jCC1-CC2} = 3 \cdot r_{90^\circ} \cdot L \cdot (I_{b_max})^2 = 3 \cdot 0,669 \cdot 0,15 \cdot (67,35)^2 = \mathbf{1,365 kW}$$

$$P_{jCC3-CC4} = 3 \cdot r_{90^\circ} \cdot L \cdot (I_{b_max})^2 = 3 \cdot 0,669 \cdot 0,38 \cdot (67,35)^2 = \mathbf{3,46 kW}$$

$$P_{jCC2-CR} = 3 \cdot r_{90^\circ} \cdot L \cdot (I_{b_max})^2 = 3 \cdot 0,342 \cdot 0,7 \cdot (134,7)^2 = \mathbf{13,034 kW}$$

$$P_{jCC4-CR} = 3 \cdot r_{90^\circ} \cdot L \cdot (I_{b_max})^2 = 3 \cdot 0,342 \cdot 0,085 \cdot (134,7)^2 = \mathbf{1,582 kW}$$

$$P_{jCR-AreaT} = 3 \cdot r_{90^\circ} \cdot L \cdot (I_{b_max})^2 = 3 \cdot 0,159 \cdot 0,12 \cdot (269,4)^2 = \mathbf{4,155 kW}$$

La perdita di potenza attiva percentuale sarà data da:

$$P_{j\%CC1-CC2} = \frac{P_{jCC1-CC2}}{P_n} \cdot 100 = \frac{1,365 \cdot 10^3}{3,5 \cdot 10^6} \cdot 100 \approx 0,0390\%$$

$$P_{j\%CC3-CC4} = \frac{P_{jCC3-CC4}}{P_n} \cdot 100 = \frac{3,460 \cdot 10^3}{3,5 \cdot 10^6} \cdot 100 \approx 0,0115\%$$

$$P_{j\%CC2-CR} = \frac{P_{jCC2-CR}}{P_n} \cdot 100 = \frac{13,034 \cdot 10^3}{7 \cdot 10^6} \cdot 100 \approx 0,08162\%$$

$$P_{j\%CC4-CR} = \frac{P_{jCC4-CR}}{P_n} \cdot 100 = \frac{1,582 \cdot 10^3}{7 \cdot 10^6} \cdot 100 \approx 0,0053\%$$

$$P_{j\%CR-AreaT} = \frac{P_{jCR-AreaT}}{P_n} \cdot 100 = \frac{4,155 \cdot 10^3}{14 \cdot 10^6} \cdot 100 \approx 0,0297\%$$

Quindi la caduta di potenza attiva percentuale rientra nel massimo valore accettabile dalle norme (tipicamente 2%).

4.6 VERIFICA DELLA TENUTA AL CORTOCIRCUITO

Per il dimensionamento al corto circuito si è utilizzata la formula della sezione minima, derivata dall'integrale di joule: $K^2 S^2 \geq I^2 t$, dalla quale si ottiene:

$$S \geq \frac{I_{cc} \cdot \sqrt{t}}{K}$$

Dove:

- S: sezione in mm²;
- I_{cc} : corrente di corto circuito in Ampere;
- t: tempo di permanenza del corto circuito in s (tempo di intervento delle protezioni);
- K: costante di corto circuito, i valori di questo parametro sono stabiliti dalla norma CEI 64-8/4 e sono validi per corto-circuiti di durata non superiore a $\Delta t = 5s$, per temperature di corto-circuito di 300° e per conduttori in rame risulta $K=143$, mentre per conduttori in alluminio $K=92$.

Si considera cautelativamente una corrente di corto circuito di linea pari alla massima corrente di cortocircuito sopportabile dai quadri MT (il trasformatore AT/MT a monte limita in realtà la corrente di c.to a valori più bassi): $I_{cc} = 16 \text{ kA}$, mentre per il tempo di intervento delle protezioni si considera: $t = 0,7 \text{ s}$, pertanto si ottiene:

$$S \geq \frac{16000 \cdot \sqrt{0,7}}{143} \approx 93,6 \text{ mm}^2$$

La sezione scelta è pari a 95 mm^2 , quindi soddisfa la verifica al corto circuito.

5 CARATTERISTICHE TECNICHE CAVI BT E RELATIVO DIMENSIONAMENTO

L'elettrodotto in oggetto costituisce l'elemento di collegamento fra le Cabine di Campo con le DC Combiner. I cavi BT dovranno garantire per ogni singola linea una portata max di corrente pari alla corrente max in uscita dalle cabine di campo per ciascuna linea.

Si consideri una tensione di stringa V_{mp} (massima tensione alla massima potenza) pari a 1000V , pari alla tensione generata da una stringa di 24 moduli.

In uscita da cabina di campo abbiamo la seguente corrente che interessa le linee BT:

$$I_{b_max} = \frac{P_{\max_linea_bt}}{V_n} = \frac{0,226 \cdot 10^6}{1 \cdot 10^3} = 226\text{A}$$

All'interno del campo saranno ubicate le 4 cabine di campo (inverter-trasformatori) da 4.200 kVA (per i 4 sottocampi).

Di seguito si riporta la scheda tecnica.

MV POWER STATION
4000-S2 / 4200-S2 / 4400-S2 / 4600-S2



- | | | | |
|---|---|---|---|
| Resistente <ul style="list-style-type: none"> • La stazione e tutti i componenti sono sottoposti a test • Perfetta per condizioni ambientali estreme | Pratica <ul style="list-style-type: none"> • Sistema "plug and play" • Completamente preassemblata per un'installazione e messa in servizio semplice | Conveniente <ul style="list-style-type: none"> • Semplicità di progetto e installazione • Costi di trasporto ridotti grazie alla piattaforma da 20 piedi | Flessibile <ul style="list-style-type: none"> • Un unico design per tutto il mondo • DC-Coupling Ready • Numerose opzioni |
|---|---|---|---|

MV POWER STATION 4000-S2 / 4200-S2 / 4400-S2 / 4600-S2
Soluzione chiavi in mano per centrali fotovoltaiche

Con la potenza fornita dai nuovi inverter centralizzati Sunny Central UP e Sunny Central Storage UP e i componenti di media tensione appositamente studiati, la nuova MV Power Station offre una densità di potenza maggiore e può essere fornita chiavi in mano in tutto il mondo. Ideale per la nuova generazione di centrali fotovoltaiche da 1500 V_{DC}, la soluzione integrata nel container da 20 piedi assicura semplicità di trasporto e rapidità di montaggio e messa in servizio. La MVPS e tutti i componenti sono sottoposti a test. La MV Power Station garantisce la massima sicurezza dell'impianto, massimi rendimenti energetici, e minimi rischi operativi. Naturalmente la MV Power Station è predisposta per i collegamenti CC.

TECHNICAL DATA	MVPS 4000-S2	MVPS 4200-S2	MVPS 4400-S2	MVPS 4600-S2
Inverter Type	SC4000 UP	SC4200 UP	SC4400 UP	SC4600 UP
Input (DC)				
Max. input voltage V _{DC max}	1500 V			
MPP voltage range (at 25 °C / at 50 °C)	880 to 1325 V / 1100 V	921 to 1325 V / 1100 V	962 to 1325 V / 1100 V	1003 to 1325 V / 1100 V
Max. input current I _{DC max}	4750 A			
Max. total harmonic distortion	< 3% at nominal power			
DC inputs	24 double pole fused (32 single pole fused)			
DC inputs with optional DC Coupling	18 double pole fused (36 single pole fused) for PV and 6 double pole fused for batteries			
Max. short-circuit current I _{SC SC}	6400 A			
Output (AC)				
Nominal AC power (at 25°C / at 50°C)	4000 kVA / 3400 kVA	4200 kVA / 3570 kVA	4400 kVA / 3740 kVA	4600 kVA / 3910 kVA
Nominal AC current (at 25°C / at 50°C)	3850 A / 3273 A			
AC nominal voltage (Inverter side)	600 V	630 V	660 V	690 V
Typical nominal AC voltages (Transformer)	11 kV to 35 kV			
Transformer Vector Groups	● Dy11 / ○ YNd11 / ○ YNy0			
Transformer cooling method	KNAN ¹⁾			
Efficiency				
Inverter Efficiency (MAX / EUR / CEC) ²⁾	98.7% / 98.6% / 98.5%			
Transformer Peak Efficiency (PEI) ³⁾	> 99.1%			
General Data				
Dimensions (length / width / height)	6.056 m / 2.437 m / 2.895 m (20' HC Shipping Container)			
Weight	< 16000 kg (35274 lbs)			
Operating temperature range	● -25°C to +45°C / ○ -25°C to +55°C			
Max. value for relative humidity	95%			
Maximum operating altitude	● 1000 m / ○ 2000 m			
Features				
AC connection MV side	Outer-cone angle plug type C			
Auxiliary Transformer	● NO / ○ 10 / ○ 20 / ○ 30 / ○ 40 / ○ 50 / ○ 60 kVA			
Integrated oil containment	○			
Type designation	MVPS-4000-S2 (US)	MVPS-4200-S2 (US)	MVPS-4400-S2 (US)	MVPS-4600-S2 (US)

● Standard feature ○ optional feature

¹⁾ KNAN = Insulating liquid with fire point > 300°C, natural liquid circulation, natural cooling air flow

²⁾ Preliminary Data subject to final design

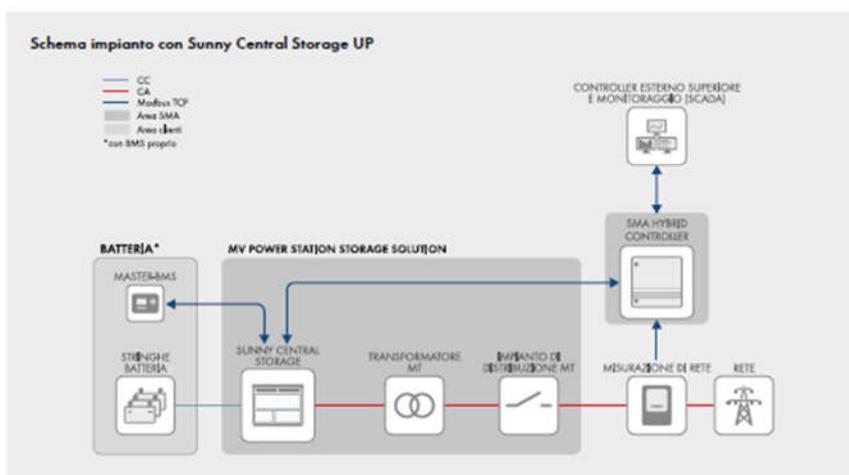
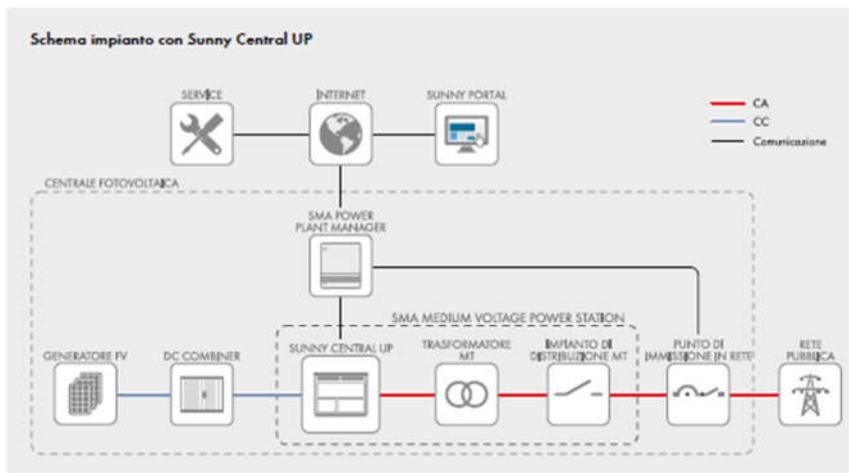


Figura 4: scheda tecnica Cabina di Campo

Ad ogni Cabina di Campo sono connesse le stringhe dei moduli Fotovoltaici da 590 W.

Di seguito la scheda tecnica dei moduli.

www.jinkosolar.com

JinKO Solar
Building Your Trust in Solar

Tiger Neo N-type 72HL4-BDV 570-590 Watt

BIFACIAL MODULE WITH DUAL
GLASS

N-Type

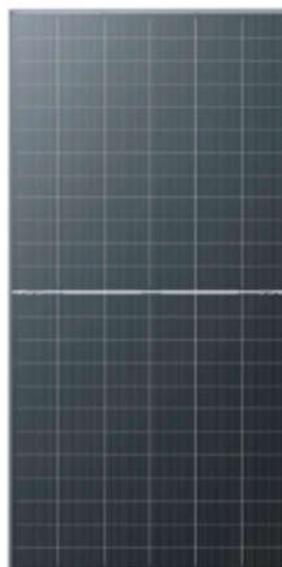
Positive power tolerance of 0~+3%

IEC61215(2016), IEC61730(2016)

ISO9001:2015: Quality Management System

ISO14001:2015: Environment Management System

ISO45001:2018
Occupational health and safety management systems



Key Features



SMBB Technology

Better light trapping and current collection to improve module power output and reliability.



PID Resistance

Excellent Anti-PID performance guarantee via optimized mass-production process and materials control.



Higher Power Output

Module power increases 5-25% generally, bringing significantly lower LCOE and higher IRR.



Hot 2.0 Technology

The N-type module with Hot 2.0 technology has better reliability and lower LID/LETID.



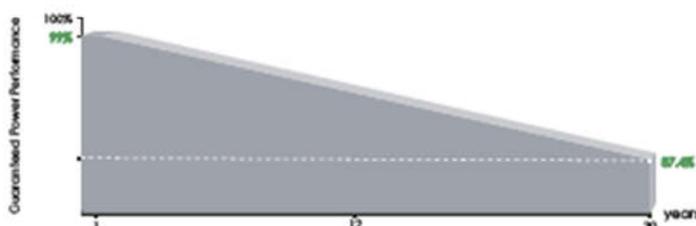
Enhanced Mechanical Load

Certified to withstand with wind load (2400 Pascal) and snow load (5400 Pascal).



POSITIVE QUALITY™
Certified Quality Network

LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

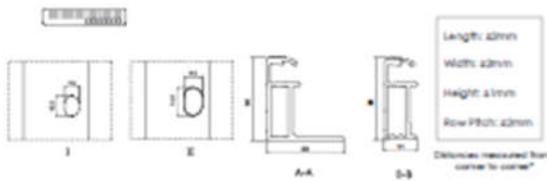
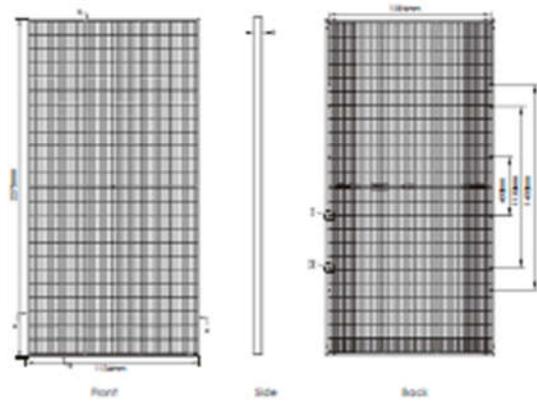


12 Year Product Warranty

30 Year Linear Power Warranty

0.40% Annual Degradation Over 30 years

Engineering Drawings



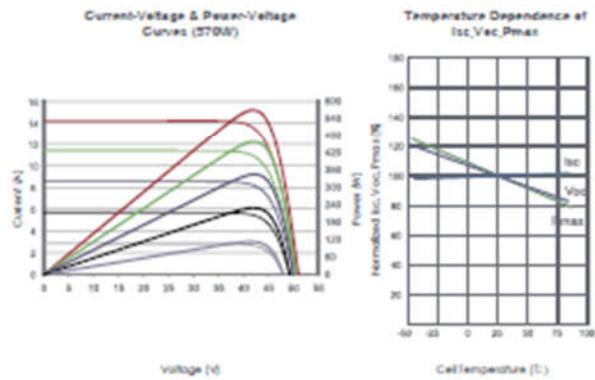
The detailed size and tolerance specification, please consult detailed module drawing.

Packaging Configuration

(Two pallets = One stack)

36pcs/pallets, 72pcs/stack, 720pcs/ 40HQ Container

Electrical Performance & Temperature Dependence



Mechanical Characteristics

Cell Type	N type Mono-crystalline
No. of cells	144 (2x72)
Dimensions	2278x1134x30mm (89.69x44.65x1.18 Inch)
Weight	31 kg (68.34 lbs)
Front Glass	2.0mm, Anti-Reflection Coating
Back Glass	2.0mm, Heat Strengthened Glass
Frame	Anodized Aluminum Alloy
Junction Box	IP68 Rated
Output Cables	TUV 1x4.0mm ² (+): 400mm, (-): 200mm or Customized Length

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM570N-72HL4-BDV		JKM575N-72HL4-BDV		JKM580N-72HL4-BDV		JKM585N-72HL4-BDV		JKM590-72HL4-BDV	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	570Wp	430Wp	575Wp	433Wp	580Wp	437Wp	585Wp	441Wp	590Wp	445Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	43.58V	40.56V	43.73V	40.73V	43.88V	40.89V	44.02V	41.05V	44.17V	41.21V
Maximum Power Current (Imp)	13.08A	10.59A	13.15A	10.64A	13.22A	10.69A	13.29A	10.74A	13.36A	10.79A
Open-circuit Voltage (Voc)	52.10V	39.60V	52.30V	39.75V	52.50V	39.90V	52.70V	40.05V	52.90V	40.20V
Short-circuit Current (Isc)	13.83A	11.16A	13.89A	11.21A	13.95A	11.26A	14.01A	11.31A	14.07A	11.36A
Module Efficiency STC (%)	22.07%		22.26%		22.45%		22.65%		22.84%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	30A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.29%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.25%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.045%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									
Refer. Bifacial Factor	80±5%									

*STC: Irradiance 1000W/m² Cell Temperature 25°C AM=1.5
 NOCT: Irradiance 800W/m² Ambient Temperature 20°C AM=1.5 Wind Speed 1m/s

Figura 5: Scheda tecnica Moduli FV

5.1 CARATTERISTICHE DEI CAVI IN BASSA TENSIONE UTILIZZATI

Nel progetto della presente relazione sono stati previsti inverter di tipo centralizzato, all-in one, completi di gruppo di conversione CC/AC, trasformatore elevatore 0.63/30 kV e scomparti di media tensione.

Pertanto, la parte dei cavi AC di bassa tensione da dimensionare è relativa solamente ai cavi CC che vanno dai combiner box di parallelo all'inverter centralizzato.

Le sezioni dei cavi CC di ogni singola stringa, invece, vengono scelti di sezione pari a 6mm^2 considerando che i cavi CC installati a bordo modulo fotovoltaico hanno sezione 4mm^2 .

Le linee BT CC saranno realizzate interamente in cavo interrato, in modo da ridurre al minimo l'impatto ambientale, e i cavi utilizzati saranno del tipo unipolare H1Z2Z2-K 1/1 kVac-1,5/1,5 kVcc ad isolamento in Elastomero reticolato atossico di qualità Z2, rispettivamente di colore rosso e nero per polarità positiva e negativa, di cui si riporta di seguito la scheda tecnica.

CAVI BASSA TENSIONE - PER IMPIANTI FOTOVOLTAICI - ZERO ALOGENI
LOW VOLTAGE CABLES SOLAR PLANTS - HALOGEN FREE

H1Z2Z2-K 1/1 kVac - 1,5/1,5 kVcc

Bassa emissione di fumi, gas tossici e corrosivi, non propaganti la fiamma, resistenti ai raggi UV
Low emissions of smoke, zero halogen. Flame retardant. UV resistant



RIFERIMENTO NORMATIVO/STANDARD REFERENCE

Costruzione e requisiti/Construction and specifications	CEI EN 50618
Resistenza raggi UV / UV Resistance	CEI EN 50618
Resistenza all'ozono / Ozone Resistance	CEI EN 60811-403
Resistenza elettrica / DC resistance	CEI EN 60228 (tab. 9)
Portata di corrente / Current capacity	CEI EN 50618
Resistenza alla sollecitazione termica / Thermal stress resistance	CEI EN 60216-1
Direttiva Bassa Tensione/Low Voltage Directive	2014/35/UE
Direttiva RoHS/RoHS Directive	2011/65/UE



Scarica la scheda tecnica completa

Le immagini sono puramente illustrative e coperte da copyright ©



REAZIONE AL FUOCO/REACTION TO FIRE

Formazione Size	Ø esterno medio Medium Ø outer	Peso medio cavo Medium Weight	Resistenza elettrica Electrical Resistance max a 20°C	Portata di corrente / Current rating		
				Cavo singolo libero in aria	Cavo singolo su unica superficie	Due cavi carichi che si toccano su una superficie
n° x mm²	mm	kg/km	Ω/km	A	A	A
1 x 1,5	4,7	34	13,3	30	29	24
1 x 2,5	5,2	47	7,98	41	39	33
1 x 4	5,8	58	4,95	55	52	44
1 x 6	6,5	80	3,3	70	67	57
1 x 10	7,9	127	1,91	98	93	79
1 x 16	8,8	180	1,21	132	125	107
1 x 25	10,6	270	0,78	176	167	142
1 x 35	12,0	360	0,554	218	207	176
1 x 50	14,1	515	0,386	276	262	221
1 x 70	15,9	720	0,272	347	330	278
1 x 95	17,7	915	0,206	416	395	333
1 x 120	19,8	1160	0,161	488	464	390
1 x 150	21,7	1460	0,129	566	538	453
1 x 185	24,1	1780	0,106	644	612	515
1 x 240	26,7	2400	0,0801	775	736	620

Figura 6: Scheda tecnica cavi BT H1Z2Z2-K 1/1 kVac-1,5/1,5 kVcc

5.2 VERIFICA DELLA PORTATA CAVI BT

Le linee BT interne al campo presentano lunghezze massime non superiori a 180 m, per motivi cautelativi ai fini del calcolo delle cadute di potenza, caduta di tensione e perdita di potenza attiva si considererà una lunghezza delle linee BT di 190 m. Per il dimensionamento della sezione si è considerata per le linee BT, una corrente massima teorica di 333 A, a cui corrisponde una sezione dei cavi da 95 mm² (vedi Tab.I e Tab.II tipiche per cavi di bassa tensione ad isolamento in Elastomero reticolato atossico di qualità Z2 dove è riportata la corrente I₀).

Formazione Size	Ø esterno medio Medium Ø outer	Peso medio cavo Medium Weight	Resistenza elettrica Electrical Resistance max a 20°C	Portata di corrente / Current rating		
				Cavo singolo libero in aria	Cavo singolo su unica superficie	Due cavi caricati che si toccano su una superficie
n° x mm ²	mm	kg/km	Ω/km	A	A	A
1 x 1,5	4,7	34	13,3	30	29	24
1 x 2,5	5,2	47	7,98	41	39	33
1 x 4	5,8	58	4,95	55	52	44
1 x 6	6,5	80	3,3	70	67	57
1 x 10	7,9	127	1,91	98	93	79
1 x 16	8,8	180	1,21	132	125	107
1 x 25	10,6	270	0,78	176	167	142
1 x 35	12,0	360	0,554	218	207	176
1 x 50	14,1	515	0,386	276	262	221
1 x 70	15,9	720	0,272	347	330	278
1 x 95	17,7	915	0,206	416	395	333
1 x 120	19,8	1160	0,161	488	464	390
1 x 150	21,7	1460	0,129	566	538	453
1 x 185	24,1	1780	0,106	644	612	515
1 x 240	26,7	2400	0,0801	775	736	620

Tabella 6: Caratteristiche elettriche cavi BT tipo H1Z2Z2-K 1/1 kVac-1,5/1,5 kVcc

Si osserva che per il calcolo si è utilizzata la formula con fattori correttivi k come la seguente:

$$I_z = I_0 k_1 k_2 k_3 k_4$$

dove si è indicato con:

I₀ = portata nominale del cavo a 20 °C relativa al metodo di installazione previsto (Tab. I);

K₁=0,89 (isolamento in EPR o XLPE, e temperatura terreno sino a 35°C come da Tab. II);

K₂=1 (fattore di correzione per gruppi di più circuiti installati sullo stesso piano, per installazioni a regola d'arte);

K₃=0,94 (fattore di correzione per profondità di interramento, la profondità per gli scavi dei cavidotti BT è di 0,8m, per motivi cautelativi viene comunque utilizzato il fattore di riduzione della portata che tiene conto delle condizioni di posa peggiori, corrispondente a una profondità di 1,5m dello scavo. come da Tab. IV);

K₄=0,82 è il valore più critico, che può assumere diversi valori in base alla resistività del terreno (vedi Tab. V, il caso maggiormente critico).

Per cui abbiamo per il cavo scelto:

$$I_{z,240} = I_z k_1 k_2 k_3 k_4 = 333 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 0,94 \cdot 0,82 = 228,5 > I_{b,max} = 226 A$$

Riportiamo di seguito le tabelle dalle quali si sono dedotti con approssimazione i valori dei fattori di correzione.

Tab. II **Fattore di correzione per temperature del terreno diverse da 20 °C**

Temperatura del terreno (°C)	TIPO DI ISOLAMENTO	
	PVC	EPR
10	1,1	1,07
15	1,05	1,04
25	0,95	0,96
30	0,89	0,93
35	0,84	0,89
40	0,77	0,85
45	0,71	0,8
50	0,63	0,76
55	0,55	0,71
60	0,45	0,65
65	—	0,6
70	—	0,53
75	—	0,46
80	—	0,38

Tab. IV **Fattori di correzione per differenti valori di profondità di posa**

Profondità di posa (m)	0,5	0,8	1,0	1,2	1,5
Fattore di correzione	1,02	1,00	0,98	0,96	0,94

Tab. V **Fattori di correzione per differenti valori di resistività termica del terreno**

Cavi unipolari

Resistività del terreno (K·m/W)	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5
Fattore di correzione	1,08	1,05	1,00	0,90	0,82

Cavi multipolari

Resistività del terreno (K·m/W)	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5
Fattore di correzione	1,06	1,04	1,00	0,91	0,84

A titolo di esempio si riporta il grafico di I_z confrontandolo con il valore di I_{b_max} al variare del parametro sensibile K_4 , dove risulta che per una sezione pari a 95 mm^2 la I_{b_max} è al disotto della curva (condizione di verifica soddisfatta)

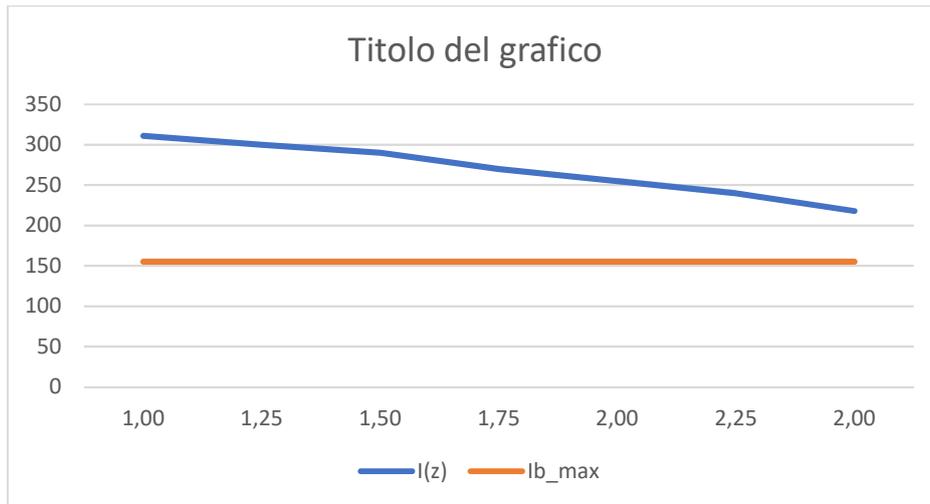


Figura 7: Confronto della corrente I_z con la corrente I_{b_max} al variare della resistività del terreno.

Di seguito si effettua il dimensionamento di tutte le linee BT presenti nel campo, esplicitando il calcolo per le linee con lunghezza massima e pertanto considerate critiche per le cadute di potenza e di tensione a cui sono soggette.

5.3 POTENZA DISSIPATA DALLE LINEE BT

Per il calcolo dei fattori di dissipazione dei cavi si sono considerate le seguenti caratteristiche del cavo in base alla tipologia di sezione adottata:

Formazione Size	Ø esterno medio Medium Ø outer	Peso medio cavo Medium Weight	Resistenza elettrica Electrical Resistance max a 20°C	Portata di corrente / Current rating		
				Cavo singolo libero in aria	Cavo singolo su unica superficie	Due cavi caricati che si toccano su una superficie
n° x mm²	mm	kg/km	Ω/km	A	A	A
1 x 1,5	4,7	34	13,3	30	29	24
1 x 2,5	5,2	47	7,98	41	39	33
1 x 4	5,8	58	4,95	55	52	44
1 x 6	6,5	80	3,3	70	67	57
1 x 10	7,9	127	1,91	98	93	79
1 x 16	8,8	180	1,21	132	125	107
1 x 25	10,6	270	0,78	176	167	142
1 x 35	12,0	360	0,554	218	207	176
1 x 50	14,1	515	0,386	276	262	221
1 x 70	15,9	720	0,272	347	330	278
1 x 95	17,7	915	0,206	416	395	333
1 x 120	19,8	1160	0,161	488	464	390
1 x 150	21,7	1460	0,129	566	538	453
1 x 185	24,1	1780	0,106	644	612	515
1 x 240	26,7	2400	0,0801	775	736	620

Tabella 7: Caratteristiche elettriche cavi BT tipo H1Z2Z2-K 1/1 kVac-1,5/1,5 kVcc da scheda tecnica

Il calcolo della potenza dissipata si effettua come di seguito:

$$\text{Potenza dissipata in 1km dalla linea [W/km]} = \text{resistenza terna [\Omega/km]} \cdot (\text{portata di corrente [A]})^2$$

$$\text{Potenza totale dissipata dalla linea} = \text{potenza dissipata in 1km dalla linea} \cdot \text{lunghezza linea [km]}$$

Per cui la potenza dissipata dalle linee BT per km è pari a:

$$\text{Potenza dissipata in 1km dalla linea con sezione } 95 \text{ mm}^2 \text{ [W/km]} = 0,206[\Omega/\text{km}] \cdot (226)^2 = 10521\text{W/km}$$

La potenza dissipata dalla linea BT più estesa risulta:

$$\text{Potenza tot. max. dissipata linea BT con sez.} 95 \text{ mm}^2 \text{ [W]} = 10521[\text{W/km}] \cdot 0,190 \text{ km} = 2000 \text{ W}$$

Si ricava la seguente caduta percentuale di potenza:

$$\Delta P_{\%_{95}} = \frac{\text{potenza tot. dissipata dalla linea}}{P_{max}} \cdot 100 = \frac{2000 \text{ W}}{0,226 \cdot 10^6} \cdot 100 = \mathbf{0,885\%}$$

La linea con sezione da 95 mm² dissiperà in totale 2000W. Tale verifica mostra come la potenza dissipata dalle linee BT sia pari allo 0,885% e quindi inferiore al 2%, infine essendo le linee BT in esame quelle di lunghezza massima dell'impianto, utilizzando la stessa tipologia di cavo per tutte le linee BT interne all'impianto, la verifica della potenza dissipata risulta certamente soddisfatta per tutte le linee della rete BT. Riportiamo una tabella riassuntiva delle caratteristiche della posa interrata BT (Dati nominali di funzionamento dell'elettrodotta) per la tipologia di cavi scelti:

Tensione	1000 V
Frequenza Nominale	50 Hz
Corrente Nominale (massima di esercizio)	226 A
Corrente Massima teorica nelle condizioni di posa	226 A
Corrente Massima teorica di una singola linea	333 A
Potenza di esercizio (massima di calcolo) DC	271KW
Tipologia di cavo	H1Z2Z2-K 1/1 kVac-1,5/1,5 kVcc (1x 95 mm ²)
Numero cavi costituenti la linea	1
Lunghezza massima cavidotto interrato BT	0,190 km
Temperatura massima operativa del cavo	90 °C
Tipologia di posa	Interrata in posa libera
Profondità di posa (in base alla conducibilità del terreno)	1.5 m – 0.8 m
Potenza dissipata per km	10,5KW
Potenza totale dissipata	2 KW

Tabella 8: Caratteristiche della posa interrata per cavi BT

Nella progettazione esecutiva sarà stimata con accuratezza la conducibilità elettrica e altri fattori attinenti alla posa, al fine di valutare la profondità effettiva dello scavo e le correnti di impiego/esercizio, anche per una maggiore validazione circa la scelta della sezione.

5.4 VERIFICA DELLA CADUTA DI TENSIONE

L'utilizzo delle fonti rinnovabili di produzione di energia genera sull'ambiente circostante impatti socio-economici rilevanti, distinguibili in diretti, indiretti e indotti. Il calcolo della caduta di tensione (indicata con ΔV e riferita alla tensione concatenata del sistema) lungo la tratta in esame può essere effettuato mediante la relazione:

$$\Delta V = I_{b_max} \cdot L \cdot r_{90^\circ}$$

Dove:

- I_{b_max} = corrente massima teorica in condizioni di progetto [A]
- r_{90° = resistenza chilometrica a 90° del conduttore del cavo e 20° del terreno [Ω/Km]
- L lunghezza del cavo [Km]

Calcolando i singoli termini:

- $I_{b_max} = 226 \text{ A}$
- $r_{90^\circ} = 0,206 \text{ } [\Omega/Km]$ per le linee con sezione da 95 mm²

Dal calcolo risulta:

$$\Delta V_{95} = 226 \cdot 0,190 \cdot 0,206 \approx 8,85V$$

Le cadute di tensione percentuali per le due linee sono date da:

$$\Delta V_{\%_{95}} = \frac{\Delta V}{V_n} \cdot 100 = \frac{8,85}{1000} \cdot 100 \approx 0,885\%$$

Quindi le cadute di tensione percentuali rientrano nel massimo valore accettabile dalle norme (tipicamente 2%).

Essendo le linee BT in esame quelle di lunghezza massima dell'impianto, utilizzando la stessa tipologia di cavo per tutte le linee BT interne all'impianto, la verifica della caduta di tensione risulta certamente soddisfatta per tutte le linee della rete BT.

5.5 CALCOLO PERDITE DI POTENZA ATTIVA

In condizioni di pieno carico della linea, quindi con corrente massima, la perdita di potenza attiva per effetto Joule lungo su ciascuna delle linee oggetto di studio corrisponde a:

$$P_j = r_{90^\circ} \cdot L \cdot (I_{b_max})^2$$

Quindi utilizzando i dati di corrispondenti al cavo scelto per le linee BT, abbiamo:

$$P_{j_{95}} = 0,206 \cdot 0,190 \cdot (226)^2 = 2000 \text{ W}$$

Le perdite percentuali di Potenza attiva in condizioni di pieno carico delle linee sono pari a:

$$P_{j\%_{95}} = \frac{P_{j_{95}}}{P_n} \cdot 100 = \frac{2000}{0,226 \cdot 10^6} \cdot 100 \approx 0,885\%$$

Quindi le cadute di potenza attiva percentuali rientrano nel massimo valore accettabile dalle norme (tipicamente 2%).

Essendo le linee BT in esame quelle di lunghezza massima dell'impianto, utilizzando la stessa tipologia di cavo per tutte le linee BT interne all'impianto, la verifica della potenza attiva dissipata risulta certamente soddisfatta per tutte le linee della rete BT.

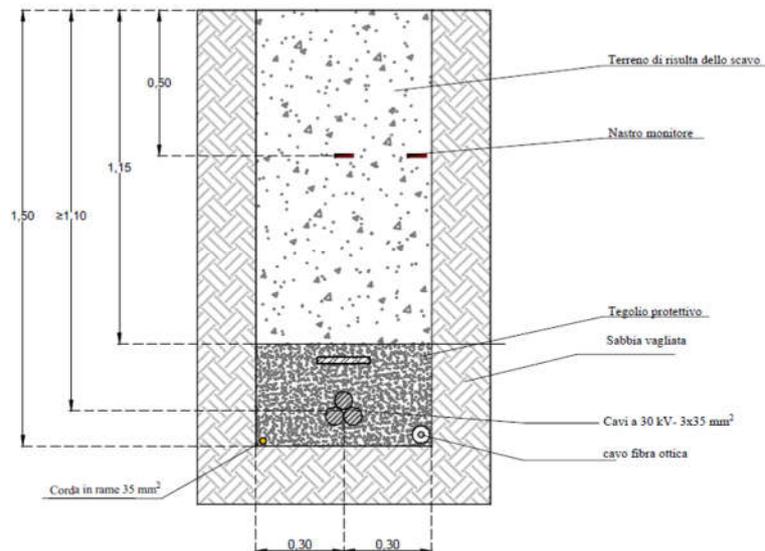
6 MODALITA' DI POSA

I cavi saranno interrati ed installati normalmente in uno scavo della profondità di 1,5 m per i cavidotti MT con disposizione delle fasi a trifoglio. Per i cavi BT abbiamo una profondità di posa di 0,8 m. Nello stesso scavo, a distanza di almeno 0,2 m dai cavi di energia, sarà posato un cavo con fibre ottiche e/o telefoniche per trasmissione dati. Nei tratti in cui si attraversino terreni rocciosi o in altre circostanze eccezionali in cui non possono essere rispettate le profondità minime sopra indicate, devono essere predisposte adeguate protezioni meccaniche. Tutti i cavi saranno alloggiati in terreno di riporto, la cui resistività termica, se necessario, verrà corretta con una miscela di sabbia vagliata o con cemento.

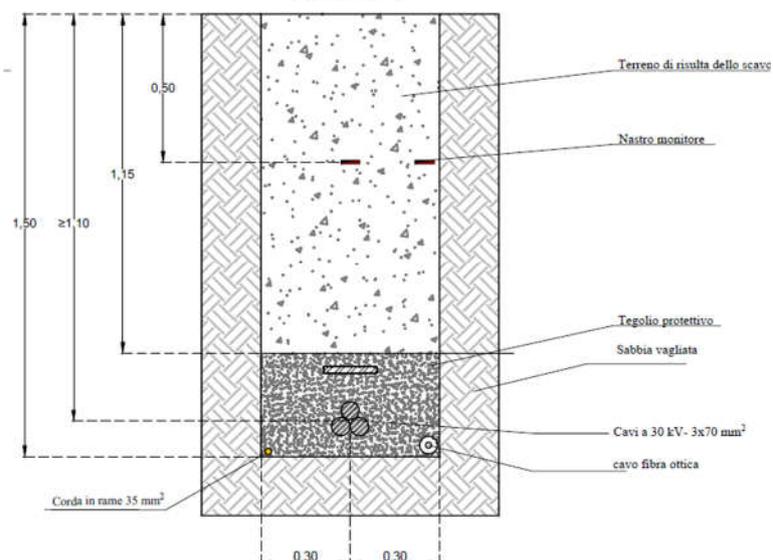
I percorsi interrati dei cavi saranno segnalati in modo tale da rendere evidente la loro presenza in caso di ulteriori scavi. Rispondono a tale scopo:

- le protezioni meccaniche supplementari;
- i nastri monitori posati nel terreno a non meno di 0,2 m al di sopra dei cavi.

CAVIDOTTO MT 30 kV INTERNO AREA IMPIANTO
CON UNA TERNA DI CAVI
SCALA 1:25



CAVIDOTTO MT 30 kV INTERNO AREA IMPIANTO
CON UNA TERNA DI CAVI
SCALA 1:25



CAVIDOTTO MT 30 kV INTERNO AREA IMPIANTO
 CON UNA TERNA DI CAVI
 SCALA 1:25

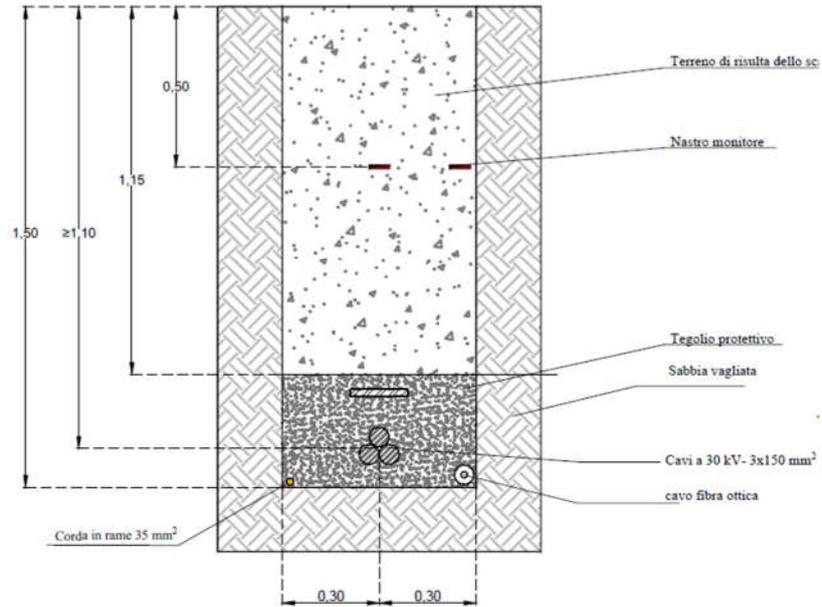


Figura 8: Sezioni cavidotti MT

CAVIDOTTO BT INTERNO AREA IMPIANTO
 SCALA 1:25

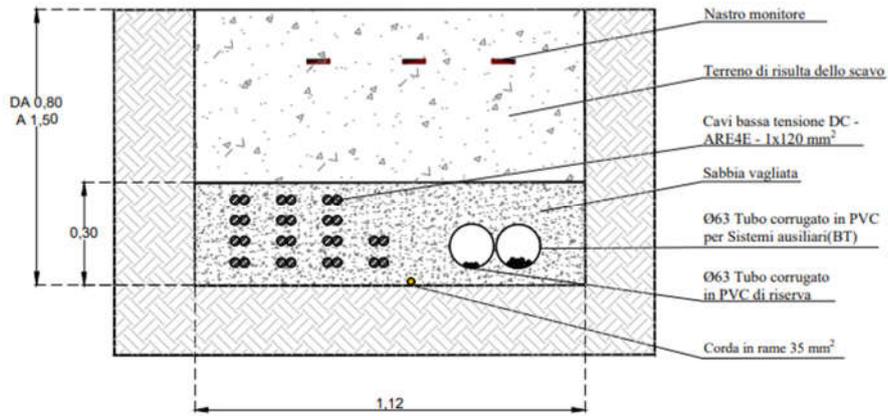


Figura 9: Sezione cavidotto BT

6.1 MODALITÀ DI POSA SU RETICOLO FLUVIALE

Alcuni tratti dei cavidotti MT e BT, interni ed esterni all'impianto fotovoltaico, interferiscono con i reticoli fluviali presenti all'interno del campo.

Per una migliore comprensione delle interferenze del Progetto con il reticolo idrografico dell'area in esame, si riporta il seguente stralcio:

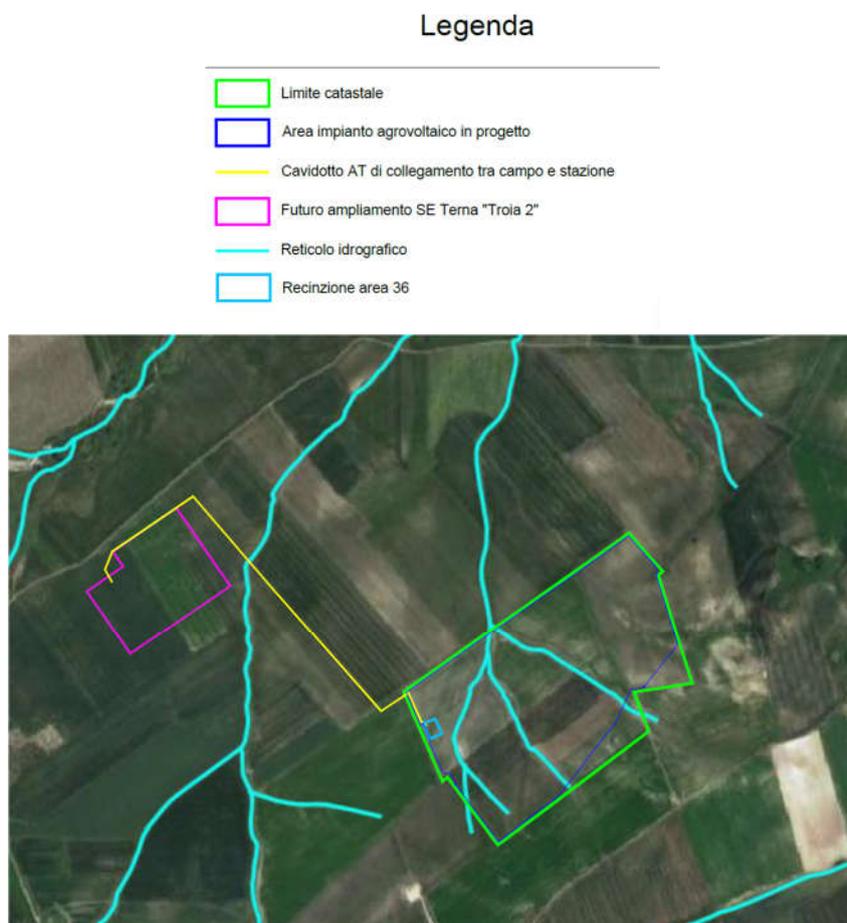


Figura 10: Inquadramento del progetto e identificazione delle interferenze con il reticolo idrografico

In caso di interferenza con un reticolo idrografico, il cavidotto MT e BT passerà al di sotto del reticolo che ha un'altezza variabile tra 1,5 a 4 m, come da sopralluoghi effettuati in campo, quindi i cavi saranno interrati ed installati in uno scavo che deve scendere al di sotto di tale reticolo di almeno 1,5 m.

Di seguito si riportano le sezioni di scavo per i tratti dei cavidotti MT e BT che saranno installati in corrispondenza del reticolo idrografico.

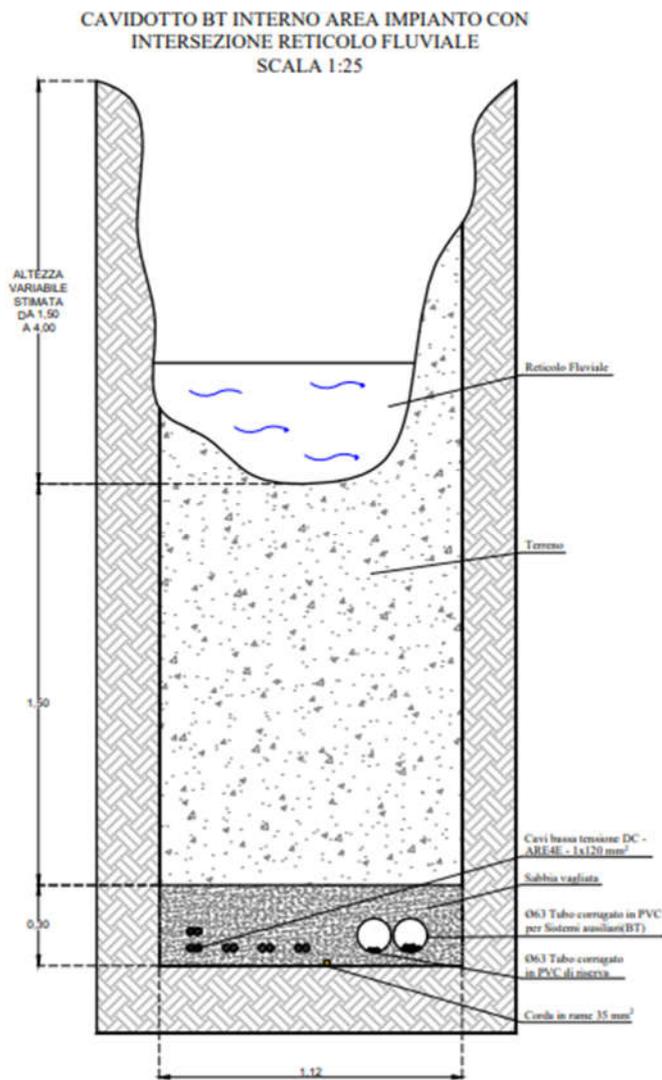


Figura 11: Sezione di scavo del cavidotto BT in corrispondenza del reticolo idrografico

CAVIDOTTO MT 30 kV INTERNO AREA IMPIANTO
CON INTERSEZIONE RETICOLO FLUVIALE
SCALA 1:25

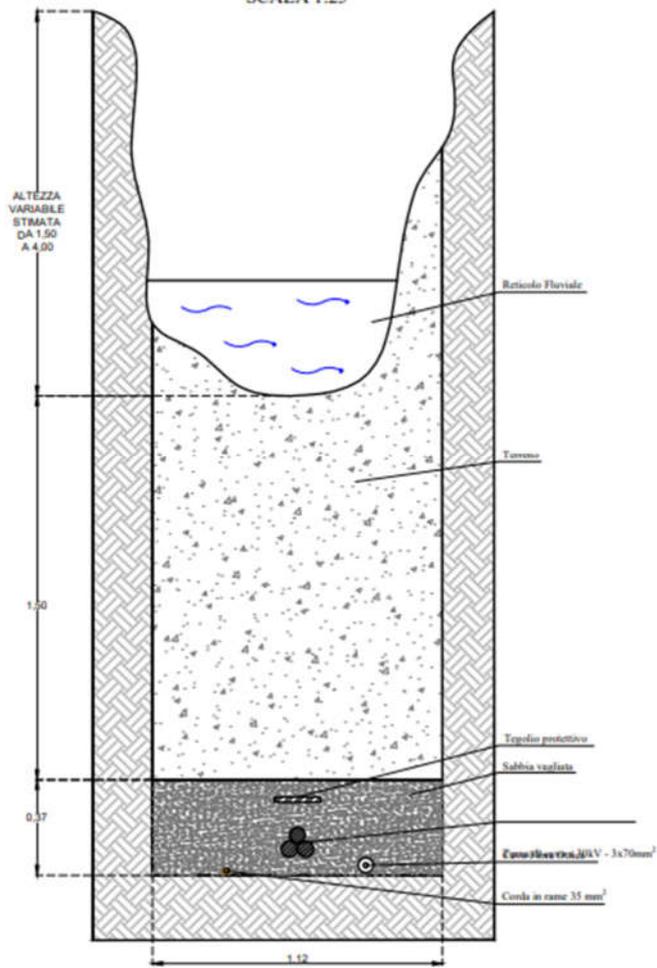


Figura 12: Sezione di scavo del cavidotto MT in corrispondenza del reticolo idrografico

7 TEMPERATURA DI POSA

Durante le operazioni di posa dei cavi per installazione fissa, la loro temperatura non deve essere inferiore a 20°C.

8 SOLLECITAZIONE A TRAZIONE

Durante l'installazione i cavi saranno soggetti a sforzi permanenti di trazione. Le prescrizioni contenute nella norma CEI 11-17 Ed. III art. 4.3.04 riportano le regole da rispettare durante l'attività di posa del cavo. Esse definiscono che gli sforzi di tiro necessari durante le operazioni di posa dei cavi non vanno applicati ai rivestimenti protettivi, bensì ai conduttori. Per un conduttore della tipologia sopra indicata lo sforzo di trazione massimo consentito non deve essere superiore a 50 N/mm², da cui si ricavano i seguenti valori per la sezione di cavo impiegata: Quando la posa del cavo viene eseguita mediante un argano idraulico occorrerà prevedere l'utilizzo di un dispositivo dinamometrico per l'impostazione ed il controllo del tiro, nonché un freno ad intervento automatico. Inoltre durante l'applicazione di tale sollecitazione di trazione, occorre prevedere l'utilizzo di sistemi che possano impedire rotazioni del cavo intorno al proprio asse. Pertanto, per realizzare la posa conformemente a tale prescrizione, occorrerà interporre tra la testa del conduttore del cavo e la fune di tiro, un dispositivo d'ancoraggio realizzato attraverso un giunto snodabile, indispensabile per evitare che sul cavo si trasmetta la sollecitazione di torsione che si sviluppa sulla fune traente.

9 RAGGI DI CURVATURA DEI CAVI

La curvatura dei cavi deve essere tale da non provocare danno ai cavi stessi. Durante le operazioni di posa per installazione fissa, se non altrimenti specificato dalle norme particolari o dai costruttori, i raggi di curvatura, misurati sulle generatrici interna degli stessi, non devono essere inferiori a 14xD dove D è il diametro esterno del cavo unipolare.

10 RIVESTIMENTO METALLICO DEI CAVI

Tutti i rivestimenti metallici dei cavi saranno messi a terra almeno alle estremità di ogni collegamento, per collegamenti di grande lunghezza sarà inserita la messa a terra del rivestimento metallico in corrispondenza dei giunti a distanze non superiori ai 5 km.

In ogni caso occorre verificare che, in relazione alle caratteristiche delle guaine o dei rivestimenti metallici, i loro collegamenti a terra, incluse le connessioni, siano tali da escludere il proprio danneggiamento e quello delle guaine o rivestimenti metallici per effetto delle massime correnti che vi possono circolare. Tutte le parti metalliche destinate a sostenere o contenere cavi di energia ed i loro accessori verranno elettricamente collegate tra loro a terra secondo quanto previsto dalle Norme EN 61936-1 e EN 50522.

11 LAVORI SU LINEE IN CAVO

Quando si eseguono lavori lungo un cavo con rivestimento metallico, occorre premunirsi da eventuali trasferimenti di tensioni pericolose di terra o collegando il rivestimento metallico del cavo stesso a tutte le altre masse metalliche accessibili o prendendo precauzioni per isolare gli operatori dalle parti pericolose.

12 PROVE DI COLLAUDO

Tutte le linee elettriche devono essere sottoposti alle prove di collaudo successive alla posa ed in seguito a modifiche sull' impianto.

Prima della messa in servizio delle linee di energia la normativa raccomanda di eseguire il controllo allo scopo di assicurarsi che il montaggio degli accessori sia conforme e che i cavi non siano deteriorati durante le operazioni di posa.

Le apparecchiature di prova e diagnostica devono consentire di eseguire:

- la prova VLF per rilevare danni agli isolamenti nei cavi in materiale plastico nel più breve tempo possibile, senza compromettere la qualità del materiale isolante.
- la diagnosi del fattore di dissipazione con a frequenza di 0,1 Hz per ottenere una valutazione differenziata dello stato di invecchiamento dei cavi. La misura del fattore di dissipazione distingue tra cavi nuovi, leggermente o fortemente danneggiati da infiltrazioni di acqua.

La prova di tensione applicata sarà eseguita con tensione continua, applicata per 15 min. tra ciascun conduttore e lo schermo. Il valore della tensione di prova dipende dal tipo di cavo impiegato, nel caso in esame sarà di 3 U₀, dove U₀ è la tensione massima che con sicurezza l'isolamento del cavo può sopportare verso terra.