



COMUNE DI POMARICO
PROVINCIA DI MATERA
REGIONE BASILICATA

PROGETTO DEFINITIVO DI UN IMPIANTO AGRI-FOTOVOLTAICO
DI POTENZA DI PICCO P=19'998,00 kWp
E POTENZA IN IMMISSIONE P=16'899,86 kW

Proponente

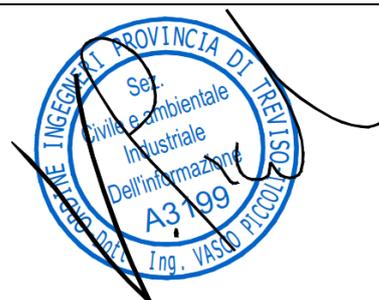
Solar Energy Dodici Srl

VIA SEBASTIAN ALTMANN n. 9 – 39100 BOLZANO (BZ)

PEC: solarenergycodici.srl@legalmail.it

n°REA: BZ-228479 – C.F.: 03058780218

Progettazione



Preparato
Andrea Guaiti

Verificato
Gianandrea Ing. Bertinazzo

Approvato
Vasco Ing. Piccoli

PROGETTAZIONE DEFINITIVA

Titolo elaborato

IMPIANTO AGRI-FOTOVOLTAICO
RELAZIONE PRELIMINARE SUGLI IMPIANTI

Elaborato N.

A.9

Data emissione

25/03/22

Nome file

RELAZIONE PREL. IMPIANTI

N. Progetto

SOLO15

Pagina

COVER

00

REV.

25/03/22

DATA

PRIMA EMISSIONE

DESCRIZIONE

Sommario

1	Premessa	4
2	Descrizione generale	4
2.1	Dati generali di progetto	4
2.2	Configurazione generale.....	5
2.2.1	Configurazione lato Corrente Continua.....	6
2.2.2	Configurazione Lato Corrente Alternata	6
2.3	Collegamenti elettrici	7
2.3.1	Cavi in corrente continua (BT)	8
2.3.2	Cavi in corrente alternata (BT)	10
2.3.3	Cavi in corrente alternata (MT)	11
2.3.4	Elettrodotto MT esterno all'impianto	13
2.3.5	Altri cavi	14
3	Verifiche di coordinamento.....	16
3.1	Condizioni Ambientali.....	16
3.2	Coordinamento Elettrico Lato CC	17
3.3	Coordinamento Elettrico Lato CA.....	19
4	Verifica cavi elettrici	22
4.1	Cavi di Stringa	22
4.1.1	Tensione di esercizio	22
4.1.2	Corrente di esercizio.....	22
4.1.3	Verifica Portata di Corrente e Coordinamento Protezioni	23
4.1.4	Verifica Caduta di Tensione	25
4.1.5	Verifica Tenuta al corto circuito	26
4.1.6	Verifica Perdite	26
4.2	Cavi BT – Corrente alternata	27
4.2.1	Tensione di esercizio	27
4.2.2	Corrente di esercizio.....	27
4.2.3	Verifica Portata di Corrente e Coordinamento Protezioni	28
4.2.4	Verifica Caduta di Tensione	30
4.2.5	Verifica Tenuta al corto circuito	31
4.2.6	Verifica Perdite	31
4.3	Cavi in Media Tensione.....	32
4.3.1	Tensione di esercizio	32

00	25-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

4.3.2	Verifica Portata di Corrente e Coordinamento Protezioni	32
4.3.3	Verifica Caduta di Tensione	35
4.3.4	Tenuta al corto circuito	36
4.3.5	Perdite	37
Appendice 1 – Datasheet cavi CC-BT (stringa)		38
Appendice 2 – Datasheet cavi CA-BT.....		40
Appendice 3 – Cavi MT		42

00	25-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

1 Premessa

La presente relazione ha lo scopo verificare tecnicamente il dimensionamento e l'idoneità dei principali componenti dell'impianto di generazione di energia elettrica da fonte fotovoltaica combinato con attività di coltivazione agricola da ubicarsi nel Comune di Pomarico (MT), di potenza nominale complessiva pari a 19'998,00 kWp e di potenza di immissione in rete pari a 16'899,86 kW.

2 Descrizione generale

2.1 Dati generali di progetto

In Tabella 1 sono riportate le principali caratteristiche tecniche relative all'impianto in progetto.

Tabella 1 - Principali caratteristiche dell'impianto agri-FV

Committente	Solar Energy Dodici S.r.l.
Luogo di realizzazione: Impianto FV Elettrodotto	Pomarico (MT) Pomarico (MT), Montescaglioso (MT)
Superficie di interesse (Impianto agro-FV)	33,3 Ha
Potenza di picco	19'998,00 kWp
Potenza apparente (*)	19'200,00 kVA
Potenza in STMG	16'899,86 kW
Modalità connessione alla rete	Collegamento in antenna a 36 kV su futura Stazione Elettrica (SE) della RTN a 150/36 kV denominata "Bernalda".
Tensione di esercizio: Bassa tensione CC Bassa tensione CA Media Tensione	<1500 V 800 V sezione generatore (inverter) 400/230 sezione ausiliari 36 kV
Strutture di sostegno	Tracker mono-assiali / strutture ad inclinazione fissa
Inclinazione piano dei moduli (tilt)	Tracker: 0° (rotazione Est/Ovest ±55°) Inclinazione fissa: 20°
Angolo di azimuth	0°
N° moduli FV	30'300
N° inverter di stringa	96
N° tracker mono-assiali	375 tracker
N° strutture ad inclinazione fissa	635 strutture
N° cabine di trasformazione BT/MT	6
Producibilità energetica attesa (1° anno)	30,51 GWh 1'526 kWh/kWp

(*) pari alla somma della potenza apparente nominale degli inverter d'impianto. Si sottolinea come tale potenza sia stata volutamente sovradimensionata al fine di espletare i servizi di rete richiesti da Terna (allegato A-68 al Codice di Rete) e che la potenza attiva in immissione in rete non potrà mai superare il limite massimo riportato in STMG.

00	25-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

2.2 Configurazione generale

La potenza nominale complessiva dell'impianto fotovoltaico, determinata dalla somma delle potenze nominali dei moduli fotovoltaici, è pari a 19'998,00 kWp, mentre la potenza in immissione nella RTN è determinata dalla potenza indicata sulla STMG, ed è pari a 16'899,86 kW.

L'energia generata dall'impianto fotovoltaico viene raccolta tramite una rete di elettrodotti interrati in Media Tensione eserciti a 36 kV che confluiscono in un unico punto all'interno della cabina di smistamento, ubicata lungo il confine Nord dell'impianto.

Un elettrodotto interrato in Media Tensione a 36 kV di lunghezza pari a circa 16 km trasporterà quindi l'energia generata presso la futura sottostazione Terna di trasformazione AT/MT (150/36 kV) presso quale sarà ubicato il punto di consegna (PdC) dell'impianto con la Rete di Trasmissione Nazionale, da ubicarsi nel territorio del Comune di Montescaglioso (MT).

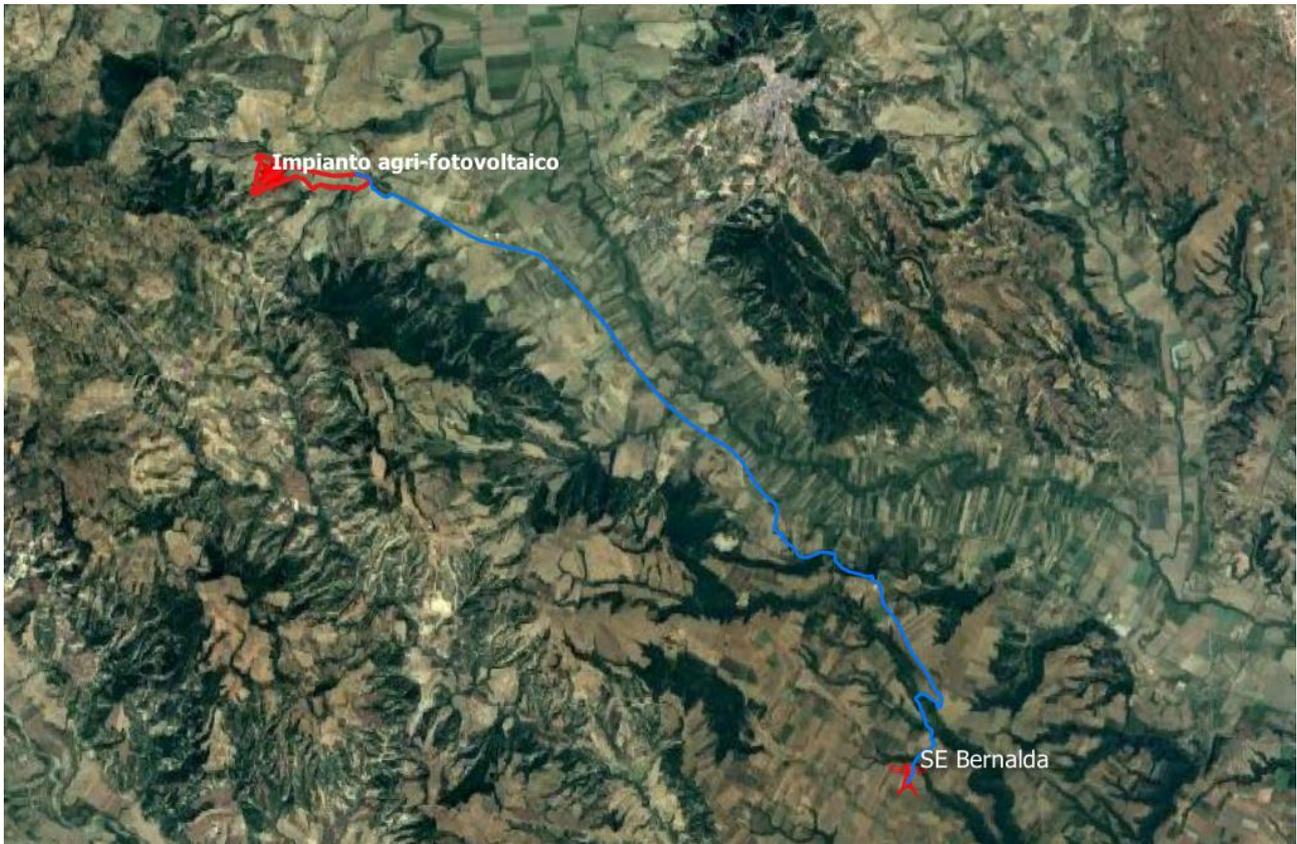


Figura 1 – Inquadramento dell'impianto FV ed opere di connessione su ortofoto

00	25-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

2.2.1 Configurazione lato Corrente Continua

La configurazione lato corrente continua dell'impianto prevedere essenzialmente:

- una potenza DC pari a 19'998,00 kWp, dati da:
 - o Nr. 30'300 Moduli Fotovoltaici;
 - o collegati in nr. 1'010 stringhe;
 - o che confluiscono in nr. 94 Inverter
 - o raggruppati a loro volta in nr.6 cabine di trasformazione.
- una potenza AC pari a 19'200,00 kVA.

Si riporta di seguito la composizione di ciascuna cabina:

CABINA	TRACKER 1x30	STRUTTURE FISSE 2x15	TOTALE STRINGHE	INV. 9 STRINGHE	INV. 10 STRINGHE	INV. 11 STRINGHE	INV. 12 STRINGHE	TOTALE INVERTER	STRINGHE	MODULI FV	POTENZA DC kWp	POTENZA AC kVA	RAPPORTO DC/AC
C1	126	34	160	4	9	2	1	16	160	4.800	3.168,00	3.200	0,99
C2	0	164	164		12	4		16	164	4.920	3.247,20	3.200	1,01
C3	102	65	167		9	7		16	167	5.010	3.306,60	3.200	1,03
C4	87	85	172		4	12		16	172	5.160	3.405,60	3.200	1,06
C5	60	115	175		1	15		16	175	5.250	3.465,00	3.200	1,08
C6		172	172		4	12		16	172	5.160	3.405,60	3.200	1,06
TOTALE	375	635	1.010	4	39	52	1	96	1.010	30.300	19.998,00	19.200	1,04

2.2.2 Configurazione Lato Corrente Alternata

La configurazione Lato Corrente Alternata dell'impianto FV prevede essenzialmente:

- nr. 96 inverter che ricevono una potenza una potenza DC pari a 19'998,00 kWp (@STC) e la convertono in AC una potenza pari a 19'200,0 kVA;
- nr. 6 trasformatori MT/BT per una potenza complessiva nominale pari a 19'200,0 kVA;
- nr. 1 cabina di SE Utente Produttore per la raccolta di tutte le linee MT di distribuzione di campo.

Per la descrizione dettagliata dei componenti d'impianto si rimanda alle relazioni tecniche di impianto FV.

00	25-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

2.3 Collegamenti elettrici

I cavi previsti nell'impianto di generazione fotovoltaica, sono essenzialmente:

- Cavi in CC - Cavi di stringa: ovvero i cavi CC che collegano la stringa al quadro di parallelo stringa (di seguito SB);
- Cavi in CA/BT - Cavi inverter: ovvero i cavi in CA che collegano gli inverter di stringa alle cabine di trasformazione;
- Cavi in CA/MT: ovvero i cavi MT utilizzati nelle linee radiali interne al campo fotovoltaico verso la cabina di smistamento MT, nonché per il collegamento del sistema di accumulo, e l'elettrodotto MT di connessione del campo FV con la sottostazione di trasformazione AT/MT;
- Altri cavi: quali ad esempio i cavi di alimentazione dei tracker, cavi dei sistemi di sicurezza, etc.

Il dimensionamento dei cavi eserciti in BT ed in MT, utilizzati per il trasporto di energia dai moduli FV agli inverter di stringa, quindi alle cabine di trasformazione, ed infine alle cabine di smistamento MT fino al punto di consegna, è stato effettuato tenendo conto dei seguenti criteri di verifica:

- verifica della portata di corrente e coordinamento protezioni;
- verifica della caduta di tensione;
- verifica della tenuta al corto circuito;
- verifica delle perdite.

00	25-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

2.3.1 Cavi in corrente continua (BT)

I cavi in corrente continua sono necessari per raggruppare i moduli fotovoltaici e rendere disponibile questa energia in ingresso lato CC dell'inverter.

I moduli fotovoltaici di per sé stessi sono forniti già dotati di cavi e relativo connettore CC (uno per il polo negativo, uno per il polo positivo), ma di lunghezza tale da permettere il solo collegamento tra moduli fotovoltaici contigui. Verranno quindi collegati in serie tra di loro fino a comporre una stringa, che in questo progetto è composta dalla serie di 30 moduli FV del costruttore Risen, serie Titan e modello RSM132-8-660BMDG, e presentano una potenza nominale a STC¹ pari a 660 Wp.

Il cavo di collegamento di questa stringa è chiamato cavo di stringa e per questo progetto è stato selezionato un cavo del tipo H1Z2Z2-K.

Dato per il presente progetto è stato previsto l'impiego di inverter di stringa, ed in particolare del costruttore Huawei modello SUN2000-215KTL-H3 da 200 kVA, le stringhe di moduli FV saranno collegate direttamente alla sezione in corrente continua dell'inverter stesso, installato direttamente in campo in posizione il quanto più possibile baricentrica rispetto alle stringhe ad esso afferenti.

La sezione CC verrà esercita con un Sistema Isolato. In accordo con il Sistema Normativo Internazionale, il funzionamento in Sistema Isolato:

- prevede entrambi i poli (Negativo e Positivo) NON connessi a terra in nessun punto ed in nessun caso;
- prevede un controllore di isolamento, che garantisca il continuo monitoraggio del valore di resistenza tra i poli e terra; il cedimento dell'isolamento dovrà essere chiaramente rilevato in modo da permettere al gestore dell'impianto di effettuare i necessari interventi di manutenzione straordinaria alla ricerca del guasto;
- permette il funzionamento del sistema con il primo guasto a terra, a patto che il primo guasto sia chiaramente rilevato e che il secondo guasto determini l'intervento degli organi di protezione atti al sezionamento della parte di circuito sottoposta al doppio guasto.

¹ STC - Standard Test Conditions: irraggiamento solare 1000 W/m², temperatura modulo FV 25°C, Air Mass 1,5

00	25-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

2.3.1.1 Cavi di Stringa – Configurazione e modalità di Installazione

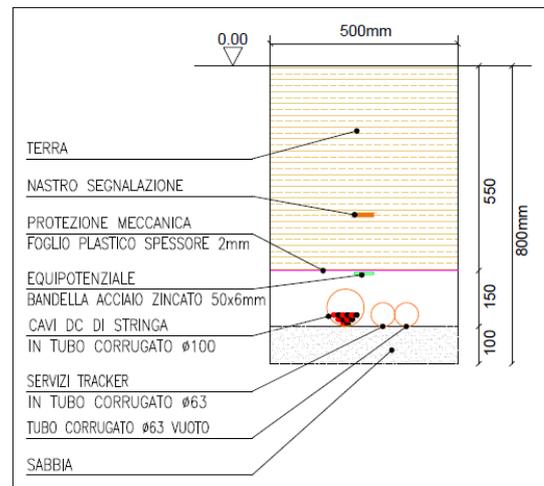
I cavi avranno tratti sia all'aperto (tipicamente lungo la struttura fotovoltaica di sostegno dei moduli fotovoltaici), sia sottoterra per il raggiungimento dell'inverter.

Dato che il cavo avrà tratti in cui verrà esposto all'irraggiamento diretto è necessario che il cavo sia adatto a questo tipo di funzionamento. Come già specificato nel paragrafo precedente è scelto il cavo in Rame, tipo H1Z2Z2-K, con la seguente configurazione:

$$2// (1 \times 6) \text{ mm}^2$$

Di seguito si riportano le principali caratteristiche tecniche del cavo selezionato e un estratto delle sezioni tipo dei cavidotti:

Modello	H1Z2Z2-K
Conduttore	Rame stagnato, flessibile
Isolante	HEPR tipo G21
Guaina	Mescola elastomerica reticolata senza alogeni tipo M21
Temperatura di esercizio	-40°C ÷ +120°C
Tensione massima AC [V]	1200
Tensione massima DC [V]	1800
Sezione conduttore [mm²]	6
Portata corrente in aria [A]	70 (@60°C)



La sezione tipica di questi cavidotti è essenzialmente costituita da una sezione larga 500mm e profonda 800mm, che sarà riempita con:

- Sabbia di fiume nella parte più profonda per evitare che i cavi direttamente interrati possano essere a contatto diretto con sassi e/o detriti che ne possano scongiurare l'integrità durante tutti gli anni di esercizio, con:
 - uno spessore pari a circa 100mm sul fondo;
 - uno spessore pari a circa 200mm nel quale verranno installati cavi e corrugati in base alla specificità di ogni tratta;
- Un foglio plastico per la separazione tra strato inferiore e strato superiore, avente anche la funzione di protezione meccanica;
- Terra di riporto per il riempimento dello strato superiore, fino al livellamento nativo della sezione.

00	25-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

2.3.2 Cavi in corrente alternata (BT)

I cavi in corrente alternata sono necessari per collegare in parallelo gli inverter di stringa alle cabine di trasformazione ed in particolare sul Quadro Parallelo Corrente Alternata (di seguito QPCA).

La sezione CA lato generatore verrà esercita con un Sistema Trifase Isolato 3F+PE, a tutti gli effetti un sistema IT. In accordo con il Sistema Normativo Internazionale, il funzionamento in IT:

- prevede tutte e tre le fasi (R-S-T) NON connesse a terra in nessun punto ed in nessun caso;
- prevede un controllore di isolamento, che garantisca il continuo monitoraggio del valore di resistenza tra i poli e terra; il cedimento dell'isolamento dovrà essere chiaramente rilevato in modo da permettere al gestore dell'impianto di effettuare i necessari interventi di manutenzione straordinaria alla ricerca del guasto;
- permette il funzionamento del sistema con il primo guasto a terra, a patto che il primo guasto sia chiaramente rilevato e che il secondo guasto determini l'intervento degli organi di protezione atti al sezionamento della parte di circuito sottoposta al doppio guasto.

Per la realizzazione della rete di distribuzione in corrente alternata, ovvero per il collegamento elettrico in BT degli inverter di stringa al quadro di parallelo (QPCA), posizionato all'interno della cabina di trasformazione, si prevede l'utilizzo di cavi di tipo ARG16R16.

2.3.2.1 Cavi inverter – Configurazione e modalità di posa

I cavi BT in corrente alternata saranno installati:

- direttamente interrati lungo tutto il percorso, in formazione a trifoglio;
- all'interno di tubo corrugato agli estremi (un tubo per terna cavi inverter), in uscita dall'inverter per evitare l'irraggiamento diretto e in prossimità della cabina di trasformazione per raggiungere ordine il proprio interruttore scatolato (di seguito MCCB).

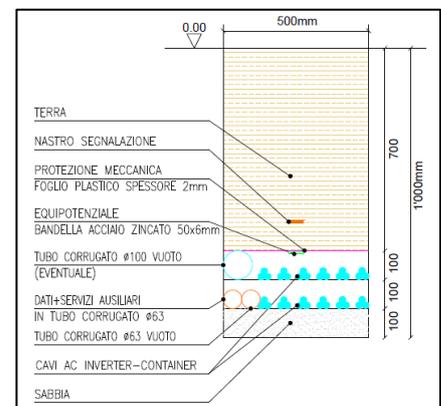
Come già specificato nel paragrafo precedente è scelto il cavo in Alluminio tipo ARG16R16, mentre la configurazione prevista sarà:

3// (1x300 mm²)

In fase di progettazione esecutiva/costruttiva, potranno essere ottimizzate le configurazioni cavi, prevedendo cavi con sezione inferiore in funzione della distanza del collegamento e della corrente da trasportare.

Di seguito vengono riportate le principali caratteristiche del cavo selezionato.

Modello	ARG16R16
Conduttore	Corda compatta a fili di alluminio (CEI 20-29, classe 2)
Isolante	HEPR
Guaina	Mescola termoplastica tipo R16
Temperatura di esercizio	0 – 90°C
Tensione massima AC	1200 V
Tensione massima DC	1800 V
Sezione conduttore	300 mm ²
Portata corrente	A trifoglio direttamente interrati: 300 mm ² : 385 A



00	25-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

La sezione tipica di questi cavidotti è essenzialmente costituita da una sezione larga 500mm e profonda 1'000mm, che sarà riempita con:

- Sabbia di fiume nella parte più profonda per evitare che i cavi direttamente interrati possano essere a contatto diretto con sassi e/o detriti che ne possano scongiurare l'integrità durante tutti gli anni di esercizio, con:
 - uno spessore pari a circa 100mm sul fondo;
 - uno spessore pari a circa 200mm nel quale verranno installati cavi e corrugati in base alla specificità di ogni tratta;
- Un foglio plastico per la separazione tra strato inferiore e strato superiore, avente anche la funzione di protezione meccanica;
- Terra di riporto per il riempimento dello strato superiore, fino al livellamento nativo della sezione.

In talune sezioni il cavidotto potrà essere allargato per evitare che i cavi siano troppo vicini.

2.3.3 Cavi in corrente alternata (MT)

I cavi in media tensione sono necessari per collegare in parallelo le varie cabine di trasformazione e il sistema di accumulo alla cabina MT di smistamento interna al campo FV e successivamente la sottostazione di trasformazione AT/MT tramite un elettrodotto interrato.

La media tensione verrà esercita con un sistema trifase isolato 3F, a tutti gli effetti un sistema IT. In accordo con il Sistema Normativo Internazionale, il funzionamento in IT:

- prevede tutte e tre le fasi (U-V-W) NON connesse a terra in nessun punto ed in nessun caso;
- prevede un coordinamento tra le protezioni di fase e di neutro, in modo che il cavo risulti sempre protetto.

È stata scelta il cavo in Rame tipo RG7H1R, mentre la configurazione prevista sarà in funzione del numero di cabine del quale è necessaria trasportare l'energia.

2.3.3.1 Cavi di Distribuzione MT

I cavi saranno installati:

- direttamente interrati lungo tutto il percorso, disposti a trifoglio nel cavidotto;
- all'interno di tubo corrugato, (un tubo per cavi MT) in entrata/uscita nel tratto di collegamento tra pozzetto e cabine di trasformazione e/o cabina MT di SE Utente Produttore; arrivando in fondazione già sottoterra, raggiungerà il fondo dei quadri MT in aria libera.

Come già specificato nel paragrafo precedente è scelto il cavo in Rame tipo RG7H1R, mentre la configurazione prevista sarà in funzione del numero di cabine del quale è necessaria trasportare l'energia.

Nelle distribuzioni secondarie saranno previste le seguenti configurazioni:

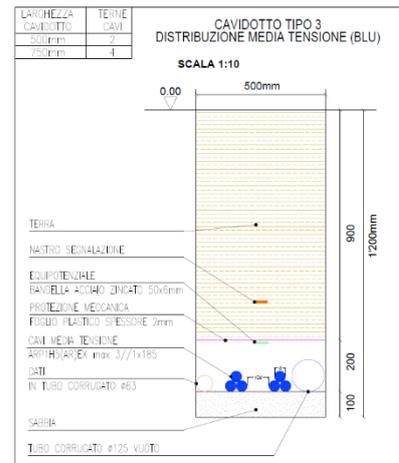
- 3// (1x70) mm² → collegamento di 1 o 2 cabine;
- 3// (1x95) mm² → collegamento di 3 cabine;
- 3// (1x120) mm² → collegamento di 4 cabine.

In fase di progettazione esecutiva/costruttiva, potranno essere ottimizzate le configurazioni cavi, prevedendo cavi con sezione inferiore in funzione della distanza del collegamento e della corrente da trasportare.

00	25-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Di seguito vengono riportate le principali caratteristiche del cavo selezionato.

Modello	RG7H1R
Conduttore	Rame rosso, formazione rigida compatta (CEI 20-29, classe 2)
Isolante	HEPR (elastomero reticolato)
Guaina	PVC
Temperatura di esercizio	-15...+90°C
Tensione nominale U_o/U (Um)	26/45 (52) kV
Sezione conduttore	70 / 95 / 120 mm ²
Portata corrente [A]	A trifoglio direttamente interrati: 70 mm ² : 255 A 95 mm ² : 300 A 120 mm ² : 355 A



La sezione tipica di questi cavidotti è essenzialmente costituita da una sezione larga 500 e profonda 1'200mm, che sarà riempita con:

- Sabbia di fiume nella parte più profonda per evitare che i cavi direttamente interrati possano essere a contatto diretto con sassi e/o detriti che ne possano scongiurare l'integrità durante tutti gli anni di esercizio, con:
 - uno spessore pari a circa 100mm sul fondo;
 - uno spessore pari a circa 200mm nel quale verranno installati cavi e corrugati in base alla specificità di ogni tratta; dovrà essere usata l'accortezza di posizionare i cavi MT opportunamente distanziati tra di loro (>2D con D diametro del cavo MT);
- Un foglio plastico per la separazione tra strato inferiore e strato superiore, avente anche la funzione di protezione meccanica;
- Terra di riporto per il riempimento dello strato superiore, fino al livellamento nativo della sezione.

In talune sezioni il cavidotto potrà essere allargato per evitare che i cavi siano troppo vicini.

00	25-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

2.3.4 Elettrodotto MT esterno all'impianto

La Media Tensione verrà esercita con un Sistema Trifase 3F-Neutro Isolato (collegamento lato secondario del trasformatore AT/MT a triangolo).

I cavi saranno installati:

- direttamente interrati lungo tutto il percorso, disposti a trifoglio nel cavidotto;
- all'interno di tubo corrugato, (un tubo per cavi MT) in entrata/uscita nel tratto di collegamento tra pozzetto e cabine di trasformazione e/o cabina MT di SE Utente Produttore; arrivando in fondazione già sottoterra, raggiungerà il fondo dei quadri MT in aria libera.

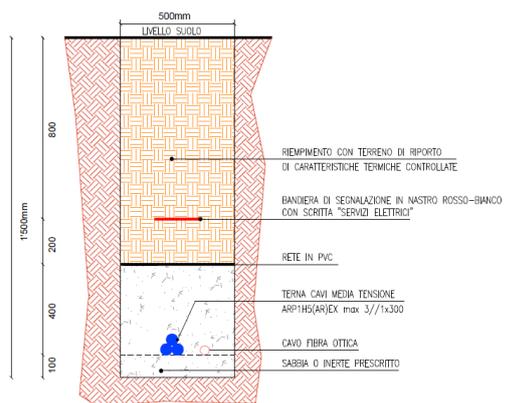
Il cavo selezionato è il cavo in Rame tipo RG7H1R, mentre la configurazione prevista sarà:

Cavidotto MT Esterno → 3// [1x(1x300)] mm²

In fase di progettazione esecutiva/costruttiva, potrà essere ottimizzata la configurazione cavi, prevedendo cavi con sezione inferiore in funzione della distanza del collegamento e della corrente da trasportare.

Di seguito vengono riportate le principali caratteristiche del cavo selezionato.

Modello	RG7H1R
Conduttore	Rame rosso, formazione rigida compatta (CEI 20-29, classe 2)
Isolante	HEPR (elastomero reticolato)
Guaina	PVC
Temperatura di esercizio	-15...+90°C
Tensione nominale U_o/U (Um)	26/45 (52) kV
Sezione conduttore	300 mm ²
Portata corrente [A]	A trifoglio direttamente interrati: 300 mm ² : 570 A



00	25-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

La sezione tipica di questi cavidotti è essenzialmente costituita da una sezione larga da 500mm e profonda 1'500mm, che sarà riempita con:

- Sabbia di fiume nella parte più profonda per evitare che i cavi direttamente interrati possano essere a contatto diretto con sassi e/o detriti che ne possano scongiurare l'integrità durante tutti gli anni di esercizio, con:
 - uno spessore pari a circa 100mm sul fondo;
 - uno spessore pari a circa 400mm nel quale verranno installati cavi e corrugati in base alla specificità di ogni tratta; dovrà essere usata l'accortezza di posizionare i cavi MT opportunamente distanziati tra di loro (>2D con D diametro del cavo MT);
- Un foglio plastico per la separazione tra strato inferiore e strato superiore, avente anche la funzione di protezione meccanica;
- Terra di riporto per il riempimento dello strato superiore, fino al livellamento nativo della sezione.

In talune sezioni, ed in particolare in corrispondenza dell'attraversamento delle interferenze lungo il percorso, il cavidotto sarà differente, per cui ogni terna di cavi, mantenendo la configurazione a trifoglio, entrerà in un tubo corrugato di diametro 300mm e verrà installato posato con la tecnica Trivellazione Orizzontale Controllata (di seguito TOC). Nell'elaborato grafico dedicato (*Cavidotto MT – Interferenze su CTR*) sono state individuate le interferenze del percorso del cavidotto MT ed indicata la modalità di risoluzione di tale interferenza.

2.3.5 Altri cavi

Di seguito l'indicazione delle caratteristiche degli altri cavi previsti all'interno dell'Impianto Fotovoltaico.

2.3.5.1 Cavi nella Cabina di Trasformazione MT/BT

La cabina di trasformazione MT/BT è quell'insieme di componenti atti a rendere disponibile l'energia prodotta da un certo numero di inverter in Media Tensione. I componenti principali sono:

- Inverter centralizzato, ovvero la macchina elettrica che effettua la conversione dell'energia prodotta da corrente continua ad alternata;
- Trasformatore MT/BT, ovvero la macchina elettromeccanica che trasforma l'energia resa disponibile nel QPCA da Bassa a Media Tensione;
- QMT (Quadro Media Tensione), ovvero il quadro che rende disponibile i cavi MT per la distribuzione MT.

La fornitura ed il dimensionamento dei cavi elettrici all'interno di ogni cabina sono da considerarsi come inclusi nella fornitura della cabina di trasformazione.

00	25-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

2.3.5.2 Cavi impianto di accumulo

La fornitura ed il dimensionamento dei cavi elettrici all'interno delle cabine contenenti batterie e PCS sono da considerarsi come inclusi nella fornitura del sistema di accumulo. Nella presente relazione viene dimensionato e verificato il solo collegamento in MT tra sistema d'accumulo e cabina di smistamento MT d'impianto.

2.3.5.3 Cavi Alimentazione Trackers

I cavi di alimentazione trackers sono cavi di bassa tensione utilizzati per alimentare i motori presenti sulle strutture, responsabili del movimento delle strutture attorno all'asse Nord-Sud, in modo che i moduli fotovoltaici ad essa fissati, siano sottoposti al massimo irraggiamento lungo tutto il movimento giornaliero del sole.

Questi cavi sono alloggiati sia sulle strutture che interrati. Si utilizzerà un cavo per energia, isolato con gomma etilpropilenica ad alto modulo di qualità G7, sotto guaina di PVC, non propagante l'incendio, a ridotta emissione di gas corrosivo e con una miscela che lo renda installabile ad aria aperta.

2.3.5.4 Cavi di sicurezza e sorveglianza

Il sistema di sicurezza e videosorveglianza utilizza:

- Telecamere per vigilare l'area della recinzione (motion detection con illuminazione IR notturna);
- Telecamere tipo DOME nei punti strategici ed in corrispondenza delle cabine di trasformazione;
- Sistema di illuminazione da utilizzare come deterrente (nel caso il motion detection rilevi un'intrusione, l'illuminazione relativa a quella zona viene attivata).

2.3.5.5 Cavi Dati

I cavi dati sono i cavi di trasmissione di tutti i dati dei vari sistemi.

Le tipologie di cavo possono essere di due tipi:

- cavo RS485 per tratte di cavo di lunghezza limitata (tipicamente <100m);

cavo in fibra ottica, per tratti di cavo più lunghi.

00	25-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

3 Verifiche di coordinamento

3.1 Condizioni Ambientali

La verifica del dimensionamento dell'impianto fotovoltaico dipende inevitabilmente dalla definizione delle condizioni ambientali dell'area dove sorgerà l'impianto fotovoltaico.

Il sito di realizzazione dell'impianto presenta un'altitudine di poche centinaia di metri sopra il livello del mare (nello specifico tra 80-160m slm), per cui elettricamente è una zona standard e non sottoposta ad alcuna limitazione di caratteristiche dielettriche limitate a causa dell'altitudine.

Ai fini del dimensionamento dei componenti d'impianto e dei cavi elettrici, si considera il seguente intervallo di temperature ambiente:

intervallo temperature di funzionamento → $-5 \dots + 50^{\circ}\text{C}$

00	25-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

3.2 Coordinamento Elettrico Lato CC

L'elemento di partenza per il coordinamento lato corrente continua è il modulo fotovoltaico, i cui dati elettrici riportati alle condizioni STC sono:

$$P = 660\text{Wp, con } -0,34\%/^{\circ}\text{C}$$

$$V_{OC} = 45,89\text{V, con } -0,25\%/^{\circ}\text{C} - V_{MPP} = 38,23\text{V}$$

$$I_{SC} = 18,28\text{A, con } +0,040\%/^{\circ}\text{C} - I_{MPP} = 17,27\text{A}$$

Si procede quindi con il calcolo dei parametri elettrici del modulo FV in funzione delle condizioni ambientali del presente progetto; l'intervallo di funzionamento è tra le temperature ambiente di -10 e 50°C , che corrisponde ad una temperatura di funzionamento delle celle FV tra 0 e 70°C , e quindi i parametri elettrici sono:

$$V_{OC} = 48,76\text{V @ } 0^{\circ}\text{C} - V_{MPP} = 40,62\text{V}$$

$$I_{SC} = 18,61\text{A @ } 70^{\circ}\text{C} - I_{MPP} = 17,58\text{A}$$

Si prevede di realizzare stringhe costituite da 30 moduli FV collegati tra di loro elettricamente in serie. Ciascuna stringa elettricamente si caratterizza come segue:

$$V_{OC} = 48,76 \times 30 = 1'462,8\text{V @ } 0^{\circ}\text{C} - V_{MPP} = 40,62 \times 30 = 1'218,6\text{V}$$

$$I_{SC} = 18,61\text{A @ } 70^{\circ}\text{C} - I_{MPP} = 17,58\text{A}$$

A) Verifica di coordinamento → tensione di isolamento CC

$$V_{ISDC} \geq 1'462,8\text{ V}$$

Moduli / Inverter sono tutti con tensione di isolamento pari a $1'500\text{V}$.

Si rimanda ai paragrafi successivi della presente relazione per la verifica della tensione di isolamento dei cavi DC.

B) Verifica di coordinamento → inverter: corrente di stringa CC

$$I_{SC} = 18,61\text{A @ } 70^{\circ}\text{C} - I_{MPP} = 17,58\text{A}$$

Per ciascun MPPT saranno collegate un massimo di 5 stringhe per cui:

$$I_{SC} = 93,05\text{A @ } 70^{\circ}\text{C} - I_{MPP} = 87,9\text{A}$$

Inverter → I_{max} per MPPT = $93,05\text{A} < 100\text{A}$ **OK ✓**

00	25-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

C) Verifica di coordinamento → inverter: tensione isolamento e range MPP

$$V_{IS} = 1'500V \geq 1'462,8 V \text{ OK } \checkmark$$

$$V_{MPP,SUP} = 1'500 V > 1'218,6 \text{ OK } \checkmark$$

D) Verifica di coordinamento → tensione di isolamento BT

$$V_{IS} \geq 800V$$

Inverter, cavi di collegamento BT e trasformatori lato BT sono tutti con tensione di isolamento pari a 1'000V.

00	25-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

3.3 Coordinamento Elettrico Lato CA

L'elemento di partenza per il coordinamento lato CA è l'inverter, le cui grandezze elettriche lato CA sono di seguito riassunte:

$$V_N = 800V \pm 10\% - 50/60Hz$$

Inverter → Potenza Uscita @50°C = 200 kVA, @25°C = 215kVA

$I_{MAX} = 155,2 \text{ A}$ – intervallo $\cos \varphi = 0,8_{CAP} \dots 0,8_{IND}$

A) Verifica di coordinamento → Trasformatore MT/BT

Tensione Uscita Inverter 800V – Rapporto di trasformazione MT/BT 36'000/800 [V] **OK** ✓

Inverter → Potenza inverter 215kVA@25°C, 200kVA@40°C

max 16 inverter per trasformatore → 3'200kVA @40°C

Potenza trasformatore MT/BT: 3'200kVA@40° **OK** ✓

B) Verifica di coordinamento → tensione di isolamento BT

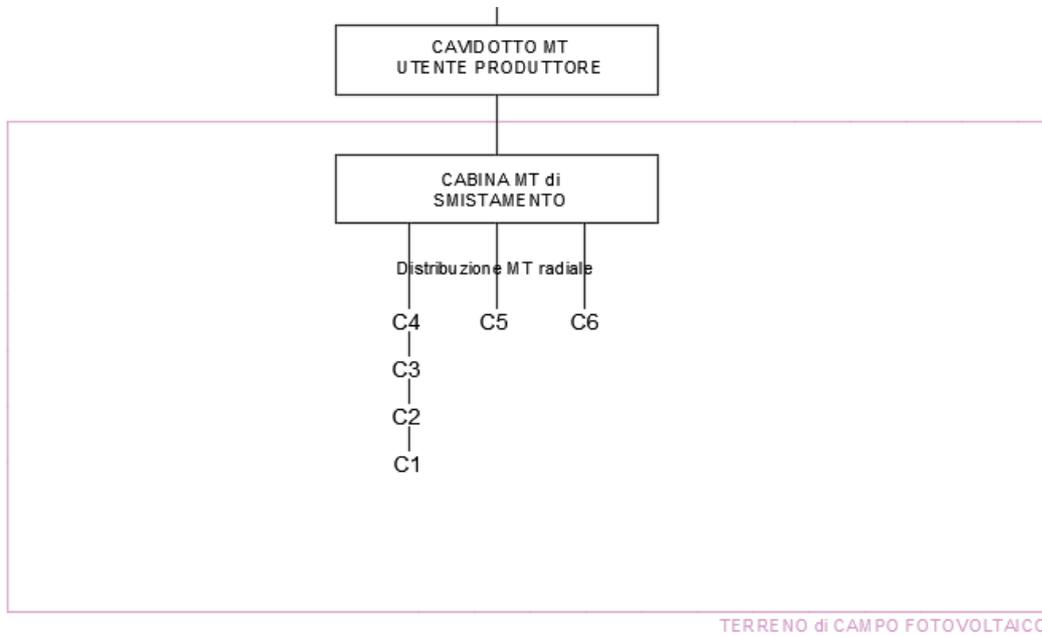
$$V_{IS BT} \geq 800V$$

Gli inverter d'impianto sono tutti con tensione di isolamento pari a 1'000V.

Si rimanda ai paragrafi successivi della presente relazione per la verifica della tensione di isolamento dei cavi CA.

00	25-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Come specificato nello schema unifilare, la distribuzione MT di campo è costituita da due linee radiali che confluiscono nella cabina MT di SE Utente Produttore, di seguito riportato lo schema a blocchi e le potenze e correnti di ogni singola tratta:



Cabina	Linea MT	Potenza [MVA]	Corrente [A] @36kV
C1		3,2	51,4
C2		3,2	51,4
C3		3,2	51,4
C4		3,2	51,4
	Radiale L1	12,8	205,6
C4		3,2	51,4
	Radiale L2	3,2	51,4
C5		3,2	51,4
	Radiale L3	3,2	51,4
QMT di SE		19,2	308,4

00	25-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

C) Verifica di coordinamento → Quadro MT di cabina di trasformazione

Caratteristiche e classificazione: 40,5kV-16kA-630A - LSC2A/PI IAC AFLR 16kA x 1s

Tensione Uscita Trasformatore 36'000V - Tensione isolamento quadro MT di Cabina 40'500V **OK** ✓

Corrente massima linee radiale massima 205,6A – Corrente nominale quadro MT di cabina 630A **OK** ✓

D) Verifica di coordinamento → corrente di linea MT

$$I_{CAB} = 51,4A$$

Si rimanda ai paragrafi successivi della presente relazione per la verifica della portata di corrente del cavo MT nelle varie tratte.

E) Verifica di coordinamento → Quadro MT di SE di Trasformazione

Caratteristiche e classificazione: 40,5kV-16kA-630A - LSC2A/PI IAC AFLR 16kA x 1s

Tensione Uscita Trasformatore 36'000V - Tensione isolamento quadro MT di Cabina 40'500V **OK** ✓

Corrente massima linee radiali 205,6A – Corrente nominale linee partenza cavo 630A **OK** ✓

Corrente generale 308,4A – Corrente interruttore generale e sbarre 630A **OK** ✓

F) Verifica impianto → Rapporto potenza DC / potenza AC

Potenza DC = a 19'998,00 kWp – Potenza massima generabile dagli inverter = 19'200 kVA

Rapporto potenze DC/AC = 1,04 **OK** ✓

Tenuto conto:

- della potenza effettivamente resa disponibile nel punto di generazione per effetto degli scostamenti dalle STC (25°C temperatura di cella FV, 1000W/m²),
 - delle perdite dal punto di generazione (morsetti moduli FV) al PdC (Punto di consegna AT in SE Terna),
- si ritiene che il rapporto DC/AC sia corretto.

00	25-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

4 Verifica cavi elettrici

Questo capitolo è dedicato alla verifica della correttezza della tipologia di cavo scelto, verificando per ogni tipologia di cavi e per ogni tratta:

- Verifica portata corrente e coordinamento protezioni;
- Verifica caduta di tensione;
- Verifica tenuta al corto circuito;
- Verifica delle perdite.

4.1 Cavi di Stringa

I cavi in corrente continua da verificare sono i cavi di stringa, che collegano le stringhe di moduli fotovoltaici agli input in CC degli inverter.

4.1.1 Tensione di esercizio

In merito alla tensione, la sezione in corrente continua di un impianto di generazione fotovoltaico ha un valore di tensione di esercizio variabile, a seconda dell'irraggiamento e della regolazione dell'inverter, che impone la tensione di esercizio in ricerca del punto di massima (MPP) o, in rarissimi casi, impone una tensione di esercizio che mantenga in uscita (lato CA) un valore imposto di potenza.

Per conoscere i valori di riferimento di tensione bisogna quindi fare riferimento al dimensionamento campo FV, descritto nella relazione tecnica cavi impianto; la tensione può variare all'interno di un intervallo 0...1'462,80V, per cui il valore di riferimento della tensione è pari a:

$$V_e = 1'500 \text{ V}$$

4.1.2 Corrente di esercizio

In merito alla corrente, analogamente a quanto descritto nel paragrafo precedente, bisogna fare riferimento al dimensionamento campo FV; la corrente si muove all'interno di un intervallo 0...18,61A; in accordo con le Norme di riferimento, la corrente di dimensionamento è pari alla corrente di corto circuito a 70°C di temperatura di cella, per cui il valore di riferimento della corrente è pari a:

$$I_N = 18,61 \text{ A}$$

00	25-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

4.1.3 Verifica Portata di Corrente e Coordinamento Protezioni

Per valutare la portata in corrente devono essere determinati su ogni tratta i coefficienti di declassamento della portata in funzione delle condizioni di installazione.

I coefficienti di declassamento sono in funzione della modalità di posa, che per i cavi in Corrente Continua sono:

- in aria, nei tratti lungo la struttura fotovoltaica di sostegno dei moduli fotovoltaici, con più circuiti;
- all'interno di tubo corrugato nei tratti sotterranei per il collegamento tra diverse file strutture fotovoltaiche, con più circuiti.

I coefficienti sono rispettivamente:

Cavi in aria	Cavi in Tubo Corrugato interrato
Temperatura → $k_1 = 1$	Temperatura → $k_1 = 1$
Tipo di posa: stesso piano, circuiti a contatto → $k_2 = 0,80$	Tipo di posa: più circuiti per tubo in aria → $k_2 = 0,6$
	profondità = 0,7m → $k_3 = 1$
	resistività terreno = 1,5 °K x m/W → $k_4 = 1$
fattore di sicurezza → $k_5 = 1$	fattore di sicurezza → $k_5 = 1$
TOTALE → $k_{TOT} = k_1 \times k_2 \times k_5 = 0,8$	TOTALE → $k_{TOT} = k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4 \times k_5 = 0,6$

(*) = il valore di portata del cavo solare è già dichiarato a 60°C, per cui in via cautelativa si considera un fattore di temperatura unitario.

È evidente che la condizione peggiorativa sia il tratto in cui i cavi sono posizionati all'interno del tubo corrugato: la verifica della portata di corrente deve essere fatta considerando questa condizione peggiorativa: verrà quindi considerato il fattore $k_{TOT} = 0,6$.

La verifica ha esito positivo per ogni tratta della condizione:

$$I_N < I_Z$$

dove:

- I_N è la corrente nominale della linea da proteggere;
- I_Z è la portata del cavo.

Facendo riferimento alla configurazione cavi riportata in relazione tecnica impianto e nello schema unifilare, e al valore di portata lorda dei cavi (portata in aria libera), riportato nel data sheet in appendice, di seguito la tabella riassuntiva di verifica portata di corrente.

(unità di misura: I_N , I_Z e la portata lorda sono espresse in A, la configurazione cavi è espressa in mm²)

I_N	Configurazione Cavo	Potata lorda	ktot	I_Z	Verifica
18,61	2//(1x6)	70	0,6	42	OK

00	25-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

4.1.3.1 Coordinamento Protezioni

Ogni cavo di corrente continua sarà protetto direttamente dall'inverter, che impone che ogni canale di ingresso abbia una corrente inferiore a $100/5 = 20A$.

La verifica del coordinamento ha esito positivo se è rispettata la seguente condizione:

$$I_N < I_r < I_z$$

dove:

- I_N è la corrente nominale di stringa, pari a 18,61 A;
- I_r è la corrente regolata, ovvero settaggio della protezione all'interno dell'inverter, pari a 20 A;
- I_z è la corrente del cavo selezionato, calcolata nel precedente paragrafo, pari a 42 A.

Nel presente caso si ha:

$$18,61 < 20 < 42$$

La portata di corrente e la verifica coordinamento di protezioni di tutte le linee è verificata. OK 

00	25-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

4.1.4 Verifica Caduta di Tensione

Per valutare la caduta di tensione sarà applicata la seguente formula:

$$\Delta v\% = \frac{n \times I_e \times L \times r}{V_e}$$

dove:

- n una costante che dipende dal sistema di distribuzione, che nel caso di corrente continua è pari a 2;
- I_e è la corrente della singola stringa, che non può essere la corrente di dimensionamento, ma quella di funzionamento a massima potenza, pari a 17,58A;
- L è la lunghezza del tratto di stringa, si considera la stringa che ha il tratto più lungo, con L pari a circa 140m;
- r è la resistenza specifica del conduttore, in accordo con data sheet pari a 3,39 Ω /km;
- V_e è la tensione di esercizio della stringa, che come spiegato è variabile durante l'esercizio; si considera il valore di MPP, quindi pari a $V_{MPP} = 1'218,6V$.

Si può quindi applicare la formula del calcolo della caduta di tensione:

$$\Delta v\%_{\text{media}} = \frac{2 \times 17,58 \times 0,140 \times 3,39}{1'218,6} = 1,37\%$$

Il valore di caduta di tensione per ogni sezione è limitato dalle Norme ed il valore limite è pari al 3%, per cui:

$$\Delta v\%_{\text{MAX}} = 1,37\% < 3\%$$

Il dimensionamento del cavo CC rispetta le condizioni di massima caduta di tensione della tratta. OK 

00	25-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

4.1.5 Verifica Tenuta al corto circuito

Per valutare la tenuta al corto circuito (energia passante) sarà applicata la seguente formula:

$$S_{\min} = \frac{I_{CC} \times \sqrt{t}}{k_C}$$

Il funzionamento della sezione in corrente continua dell'impianto fotovoltaico prevede una corrente di corto circuito pari a 18,61A e quindi la verifica della tenuta al corto circuito altro non è che la verifica della portata del cavo, già verificata nei paragrafi precedenti.

4.1.6 Verifica Perdite

Per valutare le perdite dei cavi corrente continua si applica la seguente formula:

$$\Delta P_{CC} = \frac{n \times r \times L \times I_e^2}{P_N}$$

dove:

- n è il numero di fasi della linea, pari a 2 nelle linee in Corrente Continua;
- r è la resistenza specifica del conduttore, in accordo con data sheet pari a 3,39 Ω/km;
- L è la lunghezza del cavo di stringa, espressa in km, si considera la lunghezza media del cavo di stringa, pari a 60m, ovvero 0,060km;
- I_e è la corrente della singola stringa, che non può essere la corrente di dimensionamento, ma quella di funzionamento a massima potenza, pari a 17,58A;
- P_N è la potenza trasmessa dalla stringa a corrente I_e, quindi pari alla potenza di picco della stringa, pari a 0,660x30= 19,80kW.

In conclusione le perdite di potenza nel cavo di stringa sono pari a:

$$\Delta P_{CC} = \frac{2 \times 3,39 \times 0,060 \times 17,58^2}{19'800} = 0,64\%$$

Nel calcolo delle perdite si potrà quindi considerare in via cautelativa un valore medio di perdite collegamenti CC stringa pari a 0,7%.

00	25-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

4.2 Cavi BT – Corrente alternata

4.2.1 Tensione di esercizio

La tensione di esercizio è 800V.

La variazione di tensione di rete ammessa su Bassa Tensione (Allegato A68) è $85\% V_N \dots 115\% V_N$. La stabilità della tensione di esercizio sulla rete Bassa Tensione è strettamente dipendente dalla stabilità della rete Media Tensione, che è garantita dal commutatore sotto carico che è previsto lato AT su ogni trasformatore AT/MT di sottostazione. Il commutatore prevede 25 posizioni ($\pm 12 \times 1,25\%$) e la posizione sarà selezionata automaticamente in base alla misura della tensione lato media: verrà impostato un valore ed un ritardo di intervento per evitare le oscillazioni – tarato tipicamente con ritardo pari a 30s –, il commutatore garantisce di operare in maniera continuativa un intorno più ristretto, $92\% V_N \dots 108\% V_N$.

In conclusione i valori di riferimento della tensione di esercizio sono:

$$V_e = 800 V, \quad \text{con intervallo funzionamento su rete BT pari a } 92\% \dots 108\% V_e$$

4.2.2 Corrente di esercizio

La corrente nominale di ogni singola tratta è determinata dall'inverter che è l'elemento generatore dell'impianto fotovoltaico ed alimenta la singola tratta. Facendo riferimento al data sheet della macchina, la corrente di esercizio è pari a:

$$I_e = 155,4 A$$

00	25-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

4.2.3 Verifica Portata di Corrente e Coordinamento Protezioni

Per valutare la portata in corrente devono essere determinati su ogni tratta i coefficienti di declassamento della portata in funzione delle condizioni di installazione.

I coefficienti di declassamento sono in funzione della modalità di posa, che per i cavi in corrente alternata in BT sono:

- direttamente interrati lungo tutto il percorso, in formazione in piano;
- all'interno di tubo corrugato per brevi tratti di raccordo (un tubo per terna cavi inverter), in uscita dall'inverter per evitare l'irraggiamento diretto e in prossimità della cabina di trasformazione per raggiungere il proprio interruttore scatolato.

I coefficienti sono rispettivamente:

Cavi Direttamente Interrati	Cavi in Tubo Corrugato (un circuito per tubo)
Temperatura $\rightarrow k_1 = 1$	Temperatura $\leq 45 \rightarrow k_1 = 0,87$
Tipo di posa: stesso piano, circuiti a distanza 2D $\rightarrow k_2 = 0,80$	Tipo di posa: un circuito per tubo in aria $\rightarrow k_2 = 0,80$
profondità = 0,7m $\rightarrow k_3 = 1$	
resistività terreno = 1,5 °K x m/W $\rightarrow k_4 = 1$	
fattore di sicurezza $\rightarrow k_5 = 1$	fattore di sicurezza $\rightarrow k_5 = 1$
TOTALE $\rightarrow k_{TOT} = k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4 \times k_5 = 0,8$	TOTALE $\rightarrow k_{TOT} = k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4 \times k_5 = 0,7$

La condizione peggiorativa è quindi della tratta in tubo corrugato.

La verifica ha esito positivo per ogni tratta della condizione:

$$I_N < I_z$$

dove:

- I_N è la corrente nominale della linea da proteggere;
- I_z è la portata del cavo.

I_N	Configurazione Cavo	Portata lorda	k tot	I_z	Verifica
155,4A	3//(1x300)	385	0,7	269,5	OK

00	25-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

4.2.3.1 Coordinamento Protezioni

Deve essere verificato anche il coordinamento protezioni, ed ogni cavo di corrente alternata sarà protetto dall'interruttore scatolato (MCCB), che avrà anche funzione di Interruttore Generale di Generatore (Inverter), con soglie regolabili in funzione della propria corrente nominale 250A. A lato è riportato un estratto del catalogo ABB che illustra le caratteristiche elettriche principali che deve avere l'interruttore – Tmax T4-L relè PR221DS.

Il settaggio di questo relè per la protezione cavo BT è il seguente:

Protezione linee inverter BT Relè PR221DS

Termica → 200A t=0,7s

Magnetica → $I \geq 5I_N$ t=40ms

		Tmax T4	
Corrente ininterrotta nominale	[A]	250	
Poli		3, 4	
Tensione nominale d'impiego, U _e (AC) 50-60 Hz	[V]	1000	1150
Tensione nominale di tenuta ad impulso, U _{imp}	[kV]	8	
Tensione nominale d'isolamento, U _i	[V]	1000	
Tensione di prova a frequenza industriale per 1 min.	[V]	3500	
Potere di interruzione nominale limite in cortocircuito, I _{cu}	[kA]	12	20
	(AC) 50-60 Hz 1150 V	[kA]	12
Potere di interruzione nominale di servizio in cortocircuito, I _{cs}	[kA]	12	12
	(AC) 50-60 Hz 1000 V	[kA]	6
Potere di chiusura nominale in cortocircuito, I _{cm}	[kA]	24	
	(AC) 50-60 Hz 1000 V	[kA]	24
	(AC) 50-60 Hz 1150 V	[kA]	24
Categoria di utilizzazione (IEC 60947-2)		A	
Attitudine al sezionamento		■	
Norma di riferimento		IEC 60947-2	
Sganciatori termomagnetici	TMD	■	
	TMA	■	
Sganciatori elettronici	PR21DS/LS/I	■	
	PR21DS/I	■	
	PR22DS/P_LSI	■	
	PR22DS/P_LSIG	■	
	PR22DS/PD_LSI	■	
	PR22DS/PD_LSIG	■	
	PR22MP	■	
Terminali		FC Cu - F - EF	
Esecuzione		F, R, W	F
Vita meccanica	[Nr. manovre]	20000	
	[Nr. manovre orarie]	240	
Dimensioni base fased ⁹	3 poli	L [mm]	105
	4 poli	L [mm]	140
		P [mm]	103,5
		H [mm]	295
Peso	fisso	3/4 poli	[kg] 2,95 / 3,05
	rimovibile	3/4 poli	[kg] 3,6 / 4,65
	estrabile	3/4 poli	[kg] 3,85 / 4,9

La verifica del coordinamento ha esito positivo se è rispettata la seguente condizione:

$$I_N < I_r < I_z$$

dove:

- I_N è la corrente nominale della linea da proteggere, pari a 155,4A;
- I_r è la corrente regolata, ovvero settaggio della protezione all'interno dell'inverter, pari a 200A;
- I_z è la corrente calcolata nel precedente paragrafo, pari a 269,5A.

Nel presente caso si ha:

$$155,4 < 200 < 269,5 A$$

La portata di corrente e la verifica coordinamento di protezioni di tutte le linee è verificata. **OK** 

00	25-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

4.2.4 Verifica Caduta di Tensione

Per valutare la caduta di tensione sarà applicata la seguente formula:

$$\Delta v\% = \frac{n \times I_e \times L \times r}{V_e}$$

dove:

- n una costante che dipende dal sistema di distribuzione, che nel caso di corrente continua è pari a $\sqrt{3} = 1,73$;
- I_e è la corrente di esercizio del singolo inverter, pari a 155,4A;
- L è la lunghezza del tratto di inverter, si considera l'inverter che ha il tratto più lungo, con L pari a 450m;
- r è la resistenza specifica del conduttore, in accordo con data sheet pari a 0,125 Ω /km a 20°C che riportati a 60°C sono pari a 0,144 Ω /km;
- V_e è la tensione di esercizio, pari a 800V

Si può quindi applicare la formula del calcolo della caduta di tensione:

$$\Delta v\% = \frac{1,73 \times 155,4 \times 0,450 \times 0,144}{800} = 2,18\%$$

e quindi:

$$\Delta v\%_{CC} = 2,18\% < 3\% = \Delta v\%_{MAX}$$

Il dimensionamento del cavo CA rispetta le condizioni di massima caduta di tensione della tratta. OK 

00	25-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

4.2.5 Verifica Tenuta al corto circuito

Per valutare la tenuta al corto circuito (energia passante) sarà applicata la seguente formula:

$$S_{\min} = \frac{I_{CC} \times \sqrt{t}}{k_C}$$

Il funzionamento della sezione in corrente continua dell'impianto fotovoltaico prevede una corrente di corto circuito pari a $14 \times 18,61 = 260,5A$ e quindi la verifica della tenuta al corto circuito altro non è che la verifica della portata del cavo, già verificata nei paragrafi precedenti.

4.2.6 Verifica Perdite

Per valutare le perdite dei cavi corrente continua si applica la seguente formula:

$$\Delta P_{CC} = \frac{n \times r \times L \times I_e^2}{P_N}$$

dove:

- n è il numero di fasi della linea, pari a 3 nelle linee in Corrente Alternata;
- r è la resistenza specifica del conduttore, in accordo con data sheet pari a $0,125 \Omega/km$ a $20^\circ C$ che riportati a $60^\circ C$ sono pari a $0,144 \Omega/km$;
- L è la lunghezza del cavo di stringa, si considera la lunghezza media del cavo, pari a 147m;
- I_e è la corrente della singola stringa, che non può essere la corrente di dimensionamento, ma quella di funzionamento a massima potenza, pari a 155,4A;
- P_N è la potenza trasmessa dalla singola linea AC a corrente I_e , quindi pari alla potenza inverter, pari a 200,0kW.

In conclusione le perdite di potenza nel cavo di stringa sono pari a:

$$\Delta P_{CA} = 0,8\%$$

Nel calcolo delle perdite si potrà quindi considerare in via cautelativa un valore medio di perdite collegamenti CA pari a 0,8%.

00	25-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

4.3 Cavi in Media Tensione

I cavi in media tensione sono necessari per portare l'energia prodotta dalle cabine di trasformazione alla cabina smistamento di campo (CS) ed infine alla cabina di SE Utente-Produttore.

4.3.1 Tensione di esercizio

La tensione di esercizio della rete di Media Tensione del presente impianto è 36'000V.

La variazione di tensione di rete ammessa su Alta Tensione (Allegato A68) è 85% V_N ... 115% V_N . La stabilità della tensione di esercizio sulla rete Media Tensione è garantita dal commutatore sotto carico che è previsto lato AT sul trasformatore AT/MT di sottostazione, che è posizionata nelle immediate vicinanze del campo. Il commutatore prevede 25 posizioni ($\pm 12 \times 1,25\%$) e la posizione sarà selezionata automaticamente in base alla misura della tensione lato media: verrà impostato un valore ed un ritardo di intervento per evitare le oscillazioni – tarato tipicamente con ritardo pari a 30s –, il commutatore garantisce di operare in maniera continuativa un intorno più ristretto, 95% V_N ... 105% V_N .

In conclusione i valori di riferimento della tensione di esercizio sono:

$$V_e = 36'000 \text{ V, con intervallo funzionamento su rete MT pari a } 95\% \dots 108\% V_e$$

4.3.2 Verifica Portata di Corrente e Coordinamento Protezioni

La corrente nominale di ogni singola tratta è determinata dalla potenza trasmessa, che in prima approssimazione equivale a dire il numero di inverter che è l'elemento generatore sottesi alla singola tratta.

Per valutare la portata in corrente devono essere determinati su ogni tratta i coefficienti di declassamento della portata in funzione delle condizioni di installazione.

I coefficienti di declassamento sono in funzione della modalità di posa, che per i cavi di Media Tensione sono:

- direttamente interrati lungo tutto il percorso, in formazione a trifoglio;
- all'interno di tubo corrugato agli estremi (un tubo per terna cavi inverter), in ingresso ed in uscita dalle varie cabine di collegamento.

I coefficienti sono rispettivamente:

Cavi Direttamente Interrati	Cavi in Tubo Corrugato (un circuito per tubo)
Temperatura $\rightarrow k_1 = 1$	Temperatura $\leq 45^\circ\text{C} \rightarrow k_1 = 0,87$
Tipo di posa: stesso piano, circuiti a distanza 2D $\rightarrow k_2 = 0,80$	Tipo di posa: più circuiti per tubo in aria $\rightarrow k_2 = 0,80$
profondità = 0,7m $\rightarrow k_3 = 1$	
resistività terreno = $1,5 \text{ }^\circ\text{K} \times \text{m/W} \rightarrow k_4 = 1$	
fattore di sicurezza $\rightarrow k_5 = 0,95$	fattore di sicurezza $\rightarrow k_5 = 0,95$
TOTALE $\rightarrow k_{TOT} = k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4 \times k_5 = 0,76$	TOTALE $\rightarrow k_{TOT} = k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4 \times k_5 = 0,66$

(*) = il valore di portata del cavo solare è già dichiarato a 60°C , per cui in via cautelativa si considera un fattore di temperatura unitario.

00	25-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Si determina ora la condizione peggiorativa prendendo ad esempio il cavo da 70mm², seguendo l'indicazione fornita dal costruttore a seconda che sia direttamente interrata o in tubo, calcoliamo la condizione peggiorativa:

Cavi Direttamente Interrati	Cavi in Tubo Corrugato (un circuito per tubo)
Portata Cavo interrato Lorda = 255A	Portata Cavo in aria Lorda = 280A
$k_{TOT} = 0,76$	$k_{TOT} = 0,66$
Portata Cavo Netta = 193,8A	Portata Cavo Netta = 184,8A

La condizione peggiorativa è quindi della tratta in tubo corrugato, che verrà verificata per ogni tipologia di cavo e di collegamento.

La verifica ha esito positivo per ogni tratta se:

$$I_N < I_z$$

dove:

- I_N è la corrente nominale della linea da proteggere;
- I_z è la portata del cavo.

TRATTA		L [km]	Tipologia Cavo	Configurazione cavo	Pn [kW]	In [A]	llorda [A]	ktot	Iz [A]	Iz>In
CS	SE	16,80	RG7H1R	3//[1x(1x300)]	16900	271,4	570,0	0,80	456,0	OK
CS	C4	0,16	RG7H1R	3//(1x120)	12800	205,5	355,0	0,66	234,3	OK
C4	C3	0,47	RG7H1R	3//(1x95)	9600	154,1	300,0	0,66	198,0	OK
C3	C2	0,23	RG7H1R	3//(1x70)	6400	102,8	255,0	0,66	168,3	OK
C2	C1	0,43	RG7H1R	3//(1x70)	3200	51,4	255,0	0,66	168,3	OK
CS	C5	0,11	RG7H1R	3//(1x70)	3200	51,4	255,0	0,66	168,3	OK
CS	C6	0,35	RG7H1R	3//(1x70)	3200	51,4	255,0	0,66	168,3	OK

00	25-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

4.3.2.1 Coordinamento Protezioni

Nella sezione di verifica della portata di corrente, dovrà essere verificato anche il coordinamento protezioni.

Il criterio per il settaggio delle protezioni lato MT è il seguente:

Protezione linee radiali MT	Relè di protezione elettronica
	51> → $I \geq 1,05 I_N$ t=1s
	51>> → $I \geq 3 I_N$ t=430ms
	51>>> → $I > 5 I_N$ t=100ms

La verifica del coordinamento ha esito positivo se è rispettata la seguente condizione:

$$I_N < I_r < I_z$$

dove:

- I_N è la corrente nominale della linea da proteggere;
- I_r è la corrente regolata, ovvero settaggio della protezione 51>;
- I_z è la corrente del cavo, ovvero quella calcolata con la portata del cavo.

TRATTA		L [km]	Tipologia Cavo	Configurazione cavo	Pn [kW]	In [A]	Ir [A]	Iz [A]	Verifica
CS	SE	16,80	RG7H1R	3//[1x(1x300)]	16900	271,4	< 298,5	< 456,0	OK
CS	C4	0,16	RG7H1R	3//(1x120)	12800	205,5	< 226,1	< 234,3	OK
C4	C3	0,47	RG7H1R	3//(1x95)	9600	154,1	< 169,6	< 198,0	OK
C3	C2	0,23	RG7H1R	3//(1x70)	6400	102,8	< 113,0	< 168,3	OK
C2	C1	0,43	RG7H1R	3//(1x70)	3200	51,4	< 56,5	< 168,3	OK
CS	C5	0,11	RG7H1R	3//(1x70)	3200	51,4	< 56,5	< 168,3	OK
CS	C6	0,35	RG7H1R	3//(1x70)	3200	51,4	< 56,5	< 168,3	OK

00	25-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

4.3.3 Verifica Caduta di Tensione

Per valutare la caduta di tensione sarà applicata la seguente formula:

$$\Delta V\% = \frac{\sqrt{3} \times I_N \times L \times (r \times \cos \phi + x \times \sin \phi)}{V_e}$$

dove:

- I_N è la corrente di riferimento per la tratta, calcolata come multiplo della corrente di ogni cabina;
- L è la lunghezza della tratta, espressa in km, ricavata dal lay-out;
- r è la resistenza specifica, espressa in Ω/km , ricavata dalla tipologia di cavo utilizzata;
- x è la reattanza specifica, espressa in Ω/km , ricavata dalla tipologia di cavo utilizzata;
- $\cos \phi$ è il fattore di potenza del carico, posto pari a 0,99 per il tratto MT;
- $\sin \phi$ si deriva dal fattore di potenza;
- V_e è la tensione di esercizio, pari a 36'000V.

Dovrà essere calcolata la caduta di tensione di ogni singola linea MT, ovvero dalla cabina SSE all'ultima cabina di trasformazione di ogni linea radiale, sommando i vari contributi di ogni tratta che costituisce la linea MT.

In questa sezione si verificano i tratti di distribuzione MT.

TRATTA		L	Tipologia Cavo	Configurazione cavo	Pn	In	r	x	ΔV_x	ΔV_{tot}	Δv_{tot}	Verifica
		[km]			[kW]	[A]	[Ω/km]	[Ω/km]	[V]	[V]	[%]	
CS	SE	16,80	RG7H1R	3//[1x(1x300)]	16900	384,0	0,0797	0,11	1052,476	1052,476	2,924%	OK
CS	C4	0,16	RG7H1R	3//(1x120)	12800	205,5	0,196	0,14	11,774	73,201	0,203%	OK
C4	C3	0,47	RG7H1R	3//(1x95)	9600	154,1	0,246	0,14	32,980			
C3	C2	0,23	RG7H1R	3//(1x70)	6400	102,8	0,342	0,15	14,703			
C2	C1	0,43	RG7H1R	3//(1x70)	3200	51,4	0,342	0,15	13,744			
CS	C5	0,11	RG7H1R	3//(1x70)	3200	51,4	0,342	0,15	3,516	3,516	0,010%	OK
CS	C6	0,35	RG7H1R	3//(1x70)	3200	51,4	0,342	0,15	11,187	11,187	0,031%	OK

00	25-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

4.3.4 Tenuta al corto circuito

Per valutare la tenuta al corto circuito (energia passante) sarà applicata la seguente formula:

$$S_{\min} = \frac{I_{CC} \times \sqrt{t}}{k_C}$$

dove:

- I_{CC} è la corrente di corto circuito sulla tratta in analisi, considerati i dati di targa, abbiamo un massimo pari a 3,85kA dato dalla somma della I_{CC} immediatamente a valle del singolo trasformatore AT/MT (contributo del trasformatore AT/MT);
- t è il tempo di estinzione del guasto, pari a 170ms (100ms ritardo intenzionale del relè protezione MT + 70ms tempo medio dell'effettiva apertura dei circuiti dell'interruttore dal comando del relè);
- k_C è un fattore il cui valore dipende dal materiale del conduttore, dal materiale isolante e dal tipo di conduttore utilizzato; nel presente caso pari a 116.

La verifica della tenuta al corto circuito ha esito positivo se è rispettata la seguente condizione:

$$S_{\text{tratta}} > S_{\min}$$

Tutte le linee hanno l'ultimo tratto di alimentazione di una singola cabina di trasformazione in configurazione 3//(1x70) mm², che è quindi la sezione minima di ogni tratta.

Si può quindi applicare la formula di verifica di tenuta all'energia passante:

$$S_{\min} = \frac{I_{CC} \times \sqrt{t}}{k_C} = \frac{3'850 \times \sqrt{0,170}}{116} = 13,7 \text{ mm}^2$$

e quindi:

$$S_{\text{tratta}} = 70 > 13,7 = S_{\min}$$

Il cavo è in grado di supportare l'energia passante di corto circuito in ogni sua tratta. OK 

00	25-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

4.3.5 Perdite

Per valutare le perdite della linea si dovrà applicare la seguente formula ad ogni singola linea di alimentazione della cabina x:

$$\Delta P_x = \frac{n \times \sum_0^n (r \times L) \times I_{N_x}^2}{P_{N_x}}$$

dove:

- n è il numero di fasi della linea, pari a 3 nelle linee in Media Tensione;
- $\Sigma (r \times L)$ è la sommatoria delle resistenze specifiche di ogni singola tratta di lunghezza L che compone il collegamento tratta x;
- I_{N_x} è la corrente nominale della tratta x;
- P_{N_x} è la potenza attiva nominale della tratta x.

Dovrà essere verificata la sezione di ogni singola linea MT, ovvero dalla cabina SSE all'ultima cabina di trasformazione di ogni linea radiale, sommando le perdite di ogni tratta che costituisce la linea MT.

Non ci sono condizioni di massime perdite imposte dalle Norme di riferimento, ma essendo un impianto di produzione di energia elettrica, si vogliono limitare il più possibile le perdite in modo da massimizzare l'energia in uscita dal contatore di energia nel Punto di Misura Fiscale (Punto di Consegna impianto Utente-Produttore).

In questa sezione si verificano i tratti di distribuzione MT.

TRATTA		L [km]	Tipologia Cavo	Configurazione cavo	Pn [kW]	In [A]	r [Ω/km]	ΔP _x [W]	ΔP _{tot} [W]	ΔP% [%]
CS	SE	16,80	RG7H1R	3//[1x(1x300)]	16900	271,4	0,0797	295773	295773	1,750%
CS	C4	0,16	RG7H1R	3//(1x120)	12800	205,5	0,196	3850	15748	0,12%
C4	C3	0,47	RG7H1R	3//(1x95)	9600	154,1	0,246	8241		
C3	C2	0,23	RG7H1R	3//(1x70)	6400	102,8	0,342	2492		
C2	C1	0,43	RG7H1R	3//(1x70)	3200	51,4	0,342	1165		
CS	C5	0,11	RG7H1R	3//(1x70)	3200	51,4	0,342	298	298	0,01%
CS	C6	0,35	RG7H1R	3//(1x70)	3200	51,4	0,218	604	604	0,019%

Il valore di perdite medie cavi MT è pari a 1,8% @STC, valore ritenuto accettabile. **OK** 

00	25-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Appendice 1 – Datasheet cavi CC-BT (stringa)



TECSUN(PV) H1Z2Z2-K 1/1kV AC (1,5/1,5kV DC) PV cables, rubber insulated, TÜV and VDE certified as per EN 50618



Application

PRYSMIAN Solar cables TECSUN (PV) H1Z2Z2-K acc. to EN 50618, are intended for use in Photovoltaic Power Supply Systems at nominal voltage rate up to 1,5/1,5kV DC.

They are suitable for applications indoor and/or outdoor, in industrial and agriculture fields, in/at equipment with protective insulation (Protecting Class II), in explosion hazard areas (PRYSMIAN Internal Testing). They may be installed fixed, freely suspended or free movable, in cable trays, conduits, on and in walls.

TECSUN(PV) H1Z2Z2-K cables are suitable for direct burial (PRYSMIAN Internal Testing), where the corresponding guidelines for direct burial shall be considered.

Global data

Brand	TECSUN(PV)
Type designation	H1Z2Z2-K
Standard	DIN EN 50618
Certifications / Approvals	VDE Approval Mark (<VDE>); TÜV-Certificate nr. 60103637

Notes on installation

Notes on installation	Thanks to more than 10 years of positive experience with direct burial, not only according to the internal tests performed, but also to the successful installation in PV plants worldwide, the TECSUN(PV) cables are suitable for direct burial in ground (PRYSMIAN Internal Testing). The corresponding installation guidelines shall be taken in consideration.
-----------------------	--

Design features

Conductor	Electrolytic tinned copper, finely stranded class 5 in accordance with IEC 60228
Insulation	Cross-linked HEPR 120°C
Outer sheath	Cross-linked EVA rubber 120°C. Insulation and sheath are solidly bonded (Two-layer-insulation)
Outer Sheath Colour	Black, blue, red
Protective Braid Screen	TECSUN(PV) (C) with additional braid made of tinned copper wires (surface coverage > 80%), as a protective element against rodents or impact

Electrical parameters

Rated voltage	DC: 1,5/1,5 kV AC: 1,0/1,0 kV
Max. permissible operating voltage AC	1.2/1.2 kV
Max. permissible operating voltage DC	1.8/1.8 kV
Test voltage	AC: 6,5 kV / DC: 15 kV (5 Min.)
Current Carrying Capacity description	According to EN 50618, Table A-3
Electrical Tests	Acc. to EN 50618, Table 2: <ul style="list-style-type: none"> • Conductor Resistance; • Voltage Test on completed cable (AC and DC); • Spark Test on insulation; Insulation Resistance (at 20°C and 90°C in water); • Insulation Long-Term Resistance to DC (10 days, in 85°C water, 1,8 kV DC); • Surface Resistance of Sheath. PRYSMIAN Internal test: <ul style="list-style-type: none"> • Dielectric Strength; • Insulation Resistance at 120°C in air.

00	25-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

TECSUN(PV) H1Z2Z2-K 1/1kV AC (1,5/1,5kV DC) PV cables, rubber insulated, TÜV and VDE certified as per EN 50618



Chemical parameters

Reaction to fire	<p>Acc. to EN 50618, Table 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Single Cable Flame Test per EN 60332-1-2; • Low Smoke Emission per EN 61034-2 (Light Transmittance > 70%); • Halogen-free per EN 50525-1, Annex B. <p>PRYSMIAN internal test:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Multiple Cable Flame Test per EN 50305-9; • Low Toxicity per EN 50305 (ITC < 3).
Resistance to oil	<p>PRYSMIAN internal test, on sheath:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 24h, 100°C (meets VDE 0473-811-404, EN 60811-404).
Weather resistance	<p>Acc. to EN 50618, Annex E and Table 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> • UV Resistance on sheath: tensile strength and elongation at break after 720h (360 Cycles) of exposure to UV lights acc. to EN 50289-4-17, Method A; • Ozone resistance: per Test Type B (DIN EN 50396). <p>PRYSMIAN internal test:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Water Absorption (Gravimetric) per DIN EN 60811-402.
Acid and alkaline resistance	<p>Acc. to EN 50618, Annex B:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 7 days, 23°C (N-Oxalic Acid, N-Sodium Hydroxide) acc. to EN 60811-404.
Ammonia Resistance	<p>PRYSMIAN Internal Testing:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 30 days in Saturated Ammonia Atmosphere.
Environmentally Friendly	<p>TECSUN(PV) cables comply with the RoHS directive 2011/65/EU of the European Union.</p>

Thermal parameters

Max. operating temperature of the conductor	<p>Max. 90°C at conductor (lifetime acc. to Arrhenius-Diagram TECSUN = 30 years). 20.000 hours of operation at conductor temperature of 120°C (and 90°C ambient temperature) are permitted.</p>
Max. short circuit temperature of the conductor	<p>250 °C (5 s.)</p>
Ambient temperature (for fixed and flexible installation)	<p>Installation and handling: -25°C up to 60°C In operation: -40°C up to +90°C</p>
Resistance to cold	<p>Acc. to EN 50618, Table 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cold Bending Test at -40°C acc. to DIN EN 60811-504; • Cold Elongation Test at -40°C acc. to DIN EN 60811-505; • Cold Impact Test at -40°C acc. to DIN EN 60811-506 and EN 50618 Annex C.
Damp-Heat Test	<p>Acc. to EN 50618, Table 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1.000h at 90°C and 85% humidity (test acc. to EN 60068-2-78).

Mechanical parameters

Max. tensile load	<p>15 N/mm² in operation, 50 N/mm² during installation</p>
Min. bending radius	<p>Acc. to EN 50565-1</p>
Abrasion resistance	<p>PRYSMIAN Internal Testing:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Acc. to DIN ISO 4649 against abrasive paper; • Sheath against sheath; • Sheath against metal; • Sheath against plastics.
Shrinkage Test	<p>Acc. to EN 50618, Table 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maximum Shrinkage <2% (test acc. to EN 60811-503).
Pressure Test at High Temperature	<p>PRYSMIAN Internal Testing:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <50% acc. to EN 60811-508.
Dynamic Penetration Test	<p>Acc. to EN 50618, Annex D:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Meets requirements of EN 50618.
Shore-Hardness	<p>PRYSMIAN Internal Testing:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Type A: 85 acc. to DIN EN ISO 868
Durability of Print	<p>Acc. to EN 50618:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Test acc. to EN 50396.
Rodent resistance	<p>Safety can be optimized by utilizing protective hoses, or protective element, such as a metallic screen braid.</p>

00	25-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Appendice 2 – Datasheet cavi CA-BT

general
CAVI s.p.a.

ARG16R16 0,6/1KV
CPR Cca-s3,d1,a3

Cavi CPR Rigidi in ALLUMINIO unipolari per posa fissa, isolati in HEPR di qualità G16
CPR Cables rigid aluminum for fixed installations, isolated HEPR G16 quality,

CEI
Model Product: P98 - 20200909

(Conforme alla direttiva BT 2014/35/UE - Direttiva 2011/65/EU (RoHS 3)) (Accordingly to the standards BT 2014/35/UE- 2011/65/EU (RoHS 3))

Norme di riferimento **Standards**

CEI 20-13 IEC 60502
EN 50575:2014+A1:2016 EN 60332-1-2 EN 50399 EN 60754-2 EN 13501-6



Conduttore a corda rigida di ALLUMINIO, classe 2.
Isolamento in HEPR di qualità G16
Guaina in mescola termoplastica tipo R16

Aluminium rigid compact conductor, class 2.
Elastomeric mixture insulation (G16 quality).
Outer Sheath PVC R16 type.

Tensione nominale U0	600V(AC) 1800V(DC)	Nominal voltage U0
Tensione nominale U	1000V(AC) 1800V(DC)	Nominal voltage U
Tensione di prova	4000 V	Test voltage
Tensione massima Um	1200V(AC) 1800V(DC)	Maximum voltage Um
Temperatura massima di esercizio	+90°C	Maximum operating temperature
Temperatura massima di corto circuito	+250°C	Maximum short circuit temperature
Temperatura minima di esercizio (senza shock meccanico)	-15°C	Min. operating temperature (without mechanical shocks)
Temperatura minima di installazione e maneggio	0°C	Minimum installation and use temperature

Condizioni di impiego più comuni

Per trasporto di energia in ambienti interni o esterni anche bagnati. Adatti per l'alimentazione elettrica in costruzioni ed altre opere di Ingegneria civile con l'obiettivo di limitare la produzione e la diffusione di fuoco e fumo, conformi al Regolamento CPR. Per posa fissa in aria libera, in tubo o canaletta, su muratura e strutture metalliche o sospesa. Adatti anche per posa interrata diretta o indiretta. Buon comportamento alle basse temperature. Resistente ai raggi UV.

Condizioni di posa

Raggio minimo di curvatura per diametro D (in mm):
8D
Sforzo massimo di tiro:
50 N/mm²

Imballo

Bobina con metrature da definire in fase di ordine.

Colori anime

Unipolare: Nero

Colori guaina

Grigio

Marcatura ad inchiostro

GENERALCAVI Cca-s3,d1,a3 - anno - ARG16R16 - 0,6/1 kV - form x sez. - ordine lavoro interno - metratura progressiva

Common features

Power use outdoor and indoor applications, even wet. For electrical power system in constructions and other civil engineering buildings, in order to limit fire and smoke production and spread, in accordance with the CPR. Suitable for fixed installations at open air, in tube or canals, masonry, metals structures, overhead wire and for direct or indirect underground wiring. Good behavior at low temperatures. UV resistant

Employment

Minimum bending radius per D cable diameter (in mm):
8D
Maximum pulling stress:
50 N/mm²

Packing

Drums to agree.

Core colours

Single core: black

Sheath colour

Grey

Ink marking

GENERALCAVI -Cca-s3,d1,a3 - year - ARG16R16-0,61/kV - form x sect. - inner work order - progressive length

00	25-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione


ARG16R16 0,6/1KV
 CPR Cca-s3,d1,a3


Model Product: P98 - 20200909

ARG16R16

Formazione	Sezione nominale	Diametro indicativo conduttore	Spessore medio isolante	Spessore medio guaina	Diametro esterno massimo	Peso indicativo del cavo	Resistenza elettrica a 20°C	Portata di Corrente a 30°C		Portate di corrente interrato a 20°C		Raggio minimo curvatura
								In aria	In tubo	Diretto	In tubo	
Formation	Nominal Section	Approx cond. diameter	Insulation medium thickness	Med. sheath thickness	Maximum external diameter	Approx cable weight	Electric resistance at 20°C	Current carrying capacities 30°C		Current carrying buried 20°C		Minimum radius bending
(N°)	(mm²)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(Ohm/km)	Flat in air	In pipe	direct	In pipe	(mm)
Unipolare / Single core												
1x	35	7.0	0.9	1.4	12.60	220	0.868	132	112	110	95	75
1x	50	8.2	1.0	1.4	14.00	250	0.641	161	137	135	117	84
1x	70	9.8	1.1	1.4	16.00	340	0.443	209	173	166	144	96
1x	95	11.5	1.1	1.5	18.00	440	0.320	256	210	195	170	105
1x	120	13.1	1.2	1.5	19.80	505	0.253	299	243	226	196	117
1x	150	14.3	1.4	1.6	21.80	625	0.206	346	277	258	224	129
1x	185	16.1	1.6	1.6	24.00	753	0.164	398	325	289	252	144
1x	240	18.5	1.7	1.7	26.90	977	0.125	473	382	340	296	162
1x	300	20.7	1.8	1.8	30.00	1200	0.100	548	—	385	335	177
1x	400	23.5	2.0	1.9	33.45	1488	0.0778	642	—	449	390	201
1x	500	26.5	2.2	2.0	37.60	1866	0.0605	738	—	507	441	225
1x	630	30.2	2.4	2.2	43.14	2300	0.0469	880	—	640	580	260

Note

I calcoli per le portate di corrente per i cavi unipolari sono stati eseguiti per 3 cavi non distanziati.

I diametri esterni sono indicativi di produzione e possono variare di $\pm 3\%$.

Le portate a 20°C sono calcolate in posa interrata secondo CEI 64-8-61 (temperatura terreno=20°C; profondità=0.8m; Resistività terreno=1,5 km/W). Per(terreno=1 km/W moltiplicare il valore per 1,08)

Note

The calculations for the current carrying capacities for the single wires have been performed for 3 close cables. The outer diameters are approximates and may vary by $\pm 3\%$.

The flow rates at 20 ° C are calculated in accordance with CEI 64-8-61 laying underground (ground temp = 20 ° C, depth = 0.8m, ground resistivity = 1,5 km / W). For(ground temp = 20 ° C, depth = 0.8m, ground resistivity = 1 km /W multiply for 1,08)

00	25-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Appendice 3 – Cavi MT

CAVI MEDIA TENSIONE - ENERGIA
MEDIUM VOLTAGE CABLES - POWER

RG7H1R 1.8/3 kV - 26/45 kV

MEDIA TENSIONE - SENZA PIOMBO
MEDIUM VOLTAGE - LEAD-FREE



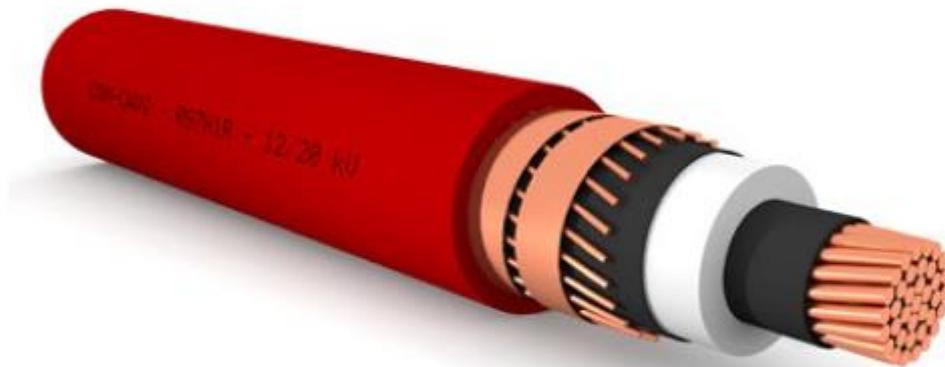
NON PROPAGANTE
LA FIAMMA
FLAME RETARDANT



SENZA PIOMBO
LEAD-FREE

RIFERIMENTO NORMATIVO/STANDARD REFERENCE

Costruzione e requisiti/Construction and specifications	IEC 60502 CEI 20-13
Misura delle scariche parziali/Measurement of partial discharges	CEI 20-16 IEC 60885-3
Propagazione fiamma/Flame propagation	CEI EN 60332-1-2



Le immagini sono puramente illustrative e coperte da copyright ©

DESCRIZIONE:

Cavi unipolari isolati in gomma HEPR di qualità G7, sotto guaina di PVC.

CARATTERISTICHE FUNZIONALI:

- Tensione nominale U_0/U : 1,8/3 ÷ 26/45 kV
- Temperatura massima di esercizio: 90°C
- Temperatura minima di esercizio: -15°C (in assenza di sollecitazioni meccaniche)
- Temperatura minima di posa: 0°C
- Temperatura massima di corto circuito: 250°C
- Raggio minimo di curvatura consigliato: 12 volte il diametro del cavo.
- Massimo sforzo di trazione consigliato: 60 N/mm² di sezione del rame

CONDIZIONI DI IMPIEGO:

Adatto per il trasporto di energia tra le cabine di trasformazione e le grandi utenze. Per posa in aria libera, in tubo o canale.

Ammissa la posa interrata anche non protetta, in conformità all'art. 4.3.11 della norma CEI 11-17.

DESCRIPTION:

Single-core cables, insulated with HEPR rubber of G7 quality, under PVC sheath.

FUNCTIONAL CHARACTERISTICS

- Nominal voltage U_0/U : 1,8/3 ÷ 26/45 kV
- Maximum operating temperature: 90°C
- Min. operating temperature: -15°C (without mechanical shocks)
- Minimum installation temperature: 0°C
- Maximum short circuit temperature: 250°C
- Recommended minimum bending radius: 12 times the cable diameter.
- Recommended maximum tensile stress: 60 N/mm² of the cross-section of the copper

USE AND INSTALLATION

Suitable for energy transmission between transformer rooms and big power users. For laying on air, into tube or open pass.

Can be laid underground, also if not protected, complying with art. 4.3.11 of CEI 11-17 standard.



00	25-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

RG7HIR 1.8/3 kV - 26/45 kV

COSTRUZIONE DEL CAVO / CABLE CONSTRUCTION

	CONDUTTORE Materiale: Rame rosso, formazione rigida compatta, classe 2	CONDUCTOR Material: Plain copper, compact stranded wire, class 2
	STRATO SEMICONDUCTORE Materiale: Estruso (solo cavi $U_0/U \geq 6/10$ kV)	SEMICONDUCTOR LAYER Material: Extruded (only cables $U_0/U \geq 6/10$ kV)
	ISOLAMENTO Materiale: Gomma HEPR, qualità G7, SENZA PIOMBO (HD 620 DHI 2)	INSULATION Material: HEPR rubber, G7 quality, LEAD FREE (HD 620 DHI 2)
	STRATO SEMICONDUCTORE Materiale: Estruso, pelabile a freddo (solo cavi $U_0/U \geq 6/10$ kV)	SEMICONDUCTOR LAYER Material: Extruded, cold stripping (only cables $U_0/U \geq 6/10$ kV)
	SCHERMO Tipo: Fili di rame rosso, con nastro di rame in controspirale	SCREEN Type: Plain copper wires with helically wound copper tape
	GUAINA ESTERNA Materiale: Miscela a base di PVC, qualità Rz Colore: Rosso	OUTER SHEATH Material: PVC based compound, Rz quality Colour: Red

N.B. Il cavo può essere fornito nella versione tripolare riunito ad elica visibile. In tal caso la sigla di designazione diventa RG7HIRX seguita dalla tensione nominale di esercizio.
 N.B. The cable can be built in the three-pole version with helically wound cores. In this case, the initials becomes RG7HIRX, followed by rated voltage.



00	25-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

CAVI MEDIA TENSIONE - ENERGIA
MEDIUM VOLTAGE CABLES - POWER
RG7HIR 26/45 kV
Caratteristiche tecniche/Technical characteristics
U max: 52 kV

Formazione Size	Ø Indicativo conduttore Approx. conduct Ø	Spessore medio isolante Average insulation thickness	Ø esterno max Max outer Ø	Peso indicativo cavo Approx. cable weight	Portata di corrente Current rating			
					A			
n° x mm²	mm	mm	mm	kg/km	In aria In air		Interrato* buried*	
					a trifoglio total	in piano flat	a trifoglio total	in piano flat
1 x 70	9,7	10,3	41,9	2150,0	280,0	315,0	255,0	260,0
1 x 95	11,4	10,3	43,8	2490,0	340,0	380,0	300,0	310,0
1 x 120	12,9	10,0	44,8	2735,0	395,0	440,0	355,0	365,0
1 x 150	14,3	9,5	45,1	3020,0	445,0	495,0	385,0	395,0
1 x 185	16,0	9,3	47,1	3395,0	510,0	570,0	440,0	450,0
1 x 240	18,3	9,3	49,2	4025,0	600,0	665,0	510,0	520,0
1 x 300	21,0	9,0	52,2	4725,0	695,0	760,0	570,0	580,0
1 x 400	23,2	9,0	54,8	5635,0	800,0	875,0	650,0	655,0
1 x 500	26,1	9,0	58,6	6625,0	930,0	1010,0	735,0	740,0
1 x 630	30,3	9,0	62,7	8260,0	1070,0	1160,0	835,0	845,0

*Resistività termica del terreno 100°C cm/W

* Ground thermal resistivity 100°C cm/W

Caratteristiche elettriche/Electrical characteristics

Formazione Size	Resistenza elettrica a 20°C Max. electrical resistance at 20°C	Resistenza apparente a 90°C e 50Hz Conductor apparent resistance at 90°C and 50Hz		Resistenza di fase Phase reactance		Capacità a 50Hz Capacity at 50Hz
		a trifoglio total	in piano flat	a trifoglio total	in piano flat	
n° x mm²	Ω/Km	Ω/Km	Ω/Km	Ω/Km	Ω/Km	µF/km
1 x 70	0,268	0,342	0,342	0,15	0,21	0,15
1 x 95	0,193	0,248	0,248	0,14	0,20	0,16
1 x 120	0,153	0,196	0,196	0,14	0,20	0,18
1 x 150	0,124	0,159	0,158	0,13	0,19	0,20
1 x 185	0,0991	0,128	0,127	0,13	0,19	0,21
1 x 240	0,0754	0,0985	0,0972	0,12	0,18	0,23
1 x 300	0,0601	0,0797	0,0779	0,12	0,18	0,26
1 x 400	0,0470	0,0638	0,0618	0,11	0,17	0,28
1 x 500	0,0366	0,0517	0,0489	0,11	0,17	0,31
1 x 630	0,0283	0,0425	0,0389	0,10	0,16	0,34



00	25-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione