

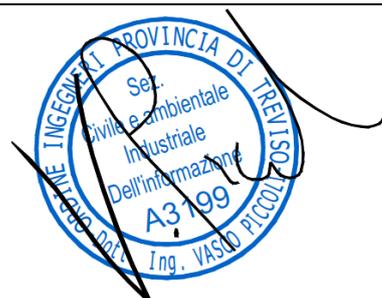
COMUNE DI SALANDRA
PROVINCIA DI MATERA
REGIONE BASILICATA

**PROGETTO DEFINITIVO DI UN IMPIANTO AGRI-FOTOVOLTAICO
DI POTENZA DI PICCO P= 19'800 kWp
E POTENZA NOMINALE E DI IMMISSIONE P=19'756,10 kW
NEL COMUNE DI SALANDRA**

Proponente

SOLAR ENERGY TRENTUNO Srl
VIA SEBASTIAN ALTMANN n. 9 - 39100 BOLZANO (BZ)
n°REA: BZ-234087 - C.F.: 03123900213
solarenergytrentuno@legalmail.it

Progettazione



Preparato
Dario Ing. Bertani

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

31/03/22

Nome file

RELAZIONE PREL. IMPIANTI

N. Progetto
SOL025

Pagina
COVER

00

31/03/22

PRIMA EMISSIONE

REV.

DATA

DESCRIZIONE

Sommario

1	Premessa	4
2	Descrizione generale	4
2.1	Dati generali di progetto	4
2.2	Configurazione generale.....	5
2.3	Configurazione lato Corrente Continua.....	6
2.3.1	Moduli fotovoltaici	7
2.3.2	Strutture di Sostegno – Inseguitori mono-assiali	9
2.3.3	Cassette di parallelo-stringa (string boxes)	12
2.4	Configurazione Lato Corrente Alternata	13
2.4.1	Cabina di trasformazione (skid).....	13
2.4.2	Cabina MT di smistamento	19
2.4.3	Sottostazione Utente di Trasformazione AT/MT.....	21
2.5	Collegamenti elettrici	24
2.5.1	Cavi in corrente continua (BT)	25
2.5.2	Cavi in corrente alternata (MT)	28
2.5.3	Elettrodotto MT esterno all’impianto	30
2.5.4	Altri cavi	31
3	Verifiche di coordinamento.....	33
3.1	Condizioni Ambientali.....	33
3.2	Coordinamento meccanico	Errore. Il segnalibro non è definito.
3.3	Coordinamento Elettrico Lato CC	34
3.4	Coordinamento Elettrico Lato CA.....	37
4	Verifica cavi elettrici	41
4.1	Cavi di Stringa	41
4.1.1	Tensione di esercizio	41
4.1.2	Corrente di esercizio.....	41
4.1.3	Verifica Portata di Corrente e Coordinamento Protezioni	42
4.1.4	Verifica Caduta di Tensione	44
4.1.5	Verifica Tenuta al corto circuito	45
4.1.6	Verifica Perdite	45
4.2	Cavi di SB	46
4.2.1	Tensione di esercizio	46
4.2.2	Corrente di esercizio.....	46

00	31-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

4.2.3 Verifica Portata di Corrente e Coordinamento Protezioni 47

4.2.4 Verifica Caduta di Tensione 49

4.2.5 Verifica Tenuta al corto circuito 50

4.2.6 Verifica Perdite 50

4.3 Cavi in Media Tensione..... 51

4.3.1 Tensione di esercizio 51

4.3.2 Verifica Portata di Corrente e Coordinamento Protezioni 51

4.3.3 Verifica Caduta di Tensione 54

4.3.4 Tenuta al corto circuito 55

4.3.5 Perdite 56

Appendice 1 – Datasheet cavi CC-BT (stringa) 57

Appendice 2 – Cavi CC-BT (String Box) 60

Appendice 3 – Cavi MT 62

00	31-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

1 Premessa

La presente relazione ha lo scopo verificare tecnicamente il dimensionamento dell'impianto e la selezione dei componenti principali dell'impianto di generazione di energia elettrica da fonte fotovoltaica da ubicarsi nel Comune di Salandra (MT), di potenza nominale complessiva pari a 19'800 kWp e di potenza di immissione in rete pari a 19'756.10 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 Trentuno S.r.l.
Luogo di realizzazione: Impianto FV Elettrodotto PTO	Salandra (MT) Salandra (MT), Garaguso (MT) Salandra (MT), Garaguso (MT)
Superficie di interesse: (di cui area netta campo FV) (area netta SE Condivisa)	Campo FV: 36,8 Ha SE Condivisa: 0.7 Ha
Potenza di picco	19'800 kWp
Potenza apparente (*)	20'050 kVA
Potenza in STMG	19'756,10 kW
Modalità connessione alla rete	Collegamento in antenna a 150 kV su un futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) della RTN a 380/150 kV denominata "Garaguso".
Tensione di esercizio: Bassa tensione CC Bassa tensione CA Media Tensione Alta tensione	<1500 V 630 V sezione generatore (inverter) 400/230 sezione ausiliari 30 kV 150 kV
Strutture di sostegno	Tracker mono-assiali
Inclinazione piano dei moduli (tilt)	Tracker: 0° (rotazione Est/Ovest ±55°)
Angolo di azimuth	0°
N° moduli FV	30'000
N° inverter centralizzati	6
N° tracker mono-assiali	1x30 → 1'000 strutture
N° cabine di trasformazione BT/MT	6
Producibilità energetica attesa (1° anno)	33,71 GWh 1'703 kWh/kWp

(*) pari alla somma della potenza apparente nominale di tutti gli inverter previsti in 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	31-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

2.2 Configurazione generale

L'energia generata dall'impianto fotovoltaico, composto da due campi FV, viene raccolta tramite una rete di elettrodotti interrati in Media Tensione eserciti a 30 kV che confluiscono in un unico punto all'interno della cabina di smistamento, ubicata lungo il confine Nord-Ovest dell'impianto.

Un elettrodotto interrato in Media Tensione a 30 kV di lunghezza pari a circa 10,2 km trasporterà quindi l'energia generata presso la sottostazione utente di trasformazione AT/MT, predisposta per l'ampliamento e la condivisione con altri utenti produttori. Tale sottostazione utente, all'interno della quale sarà ubicato il punto di consegna (PdC) dell'impianto con la Rete di Trasmissione Nazionale, sarà ubicata in posizione adiacente alla futura sottostazione di smistamento a 150 kV.

L'energia generata sarà infine resa disponibile, tramite un breve elettrodotto interrato in Alta Tensione a 150 kV di lunghezza pari a circa 250 m, al futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) della RTN a 380/150 kV denominata "Garaguso", da realizzarsi nel Comune di Garaguso (MT).

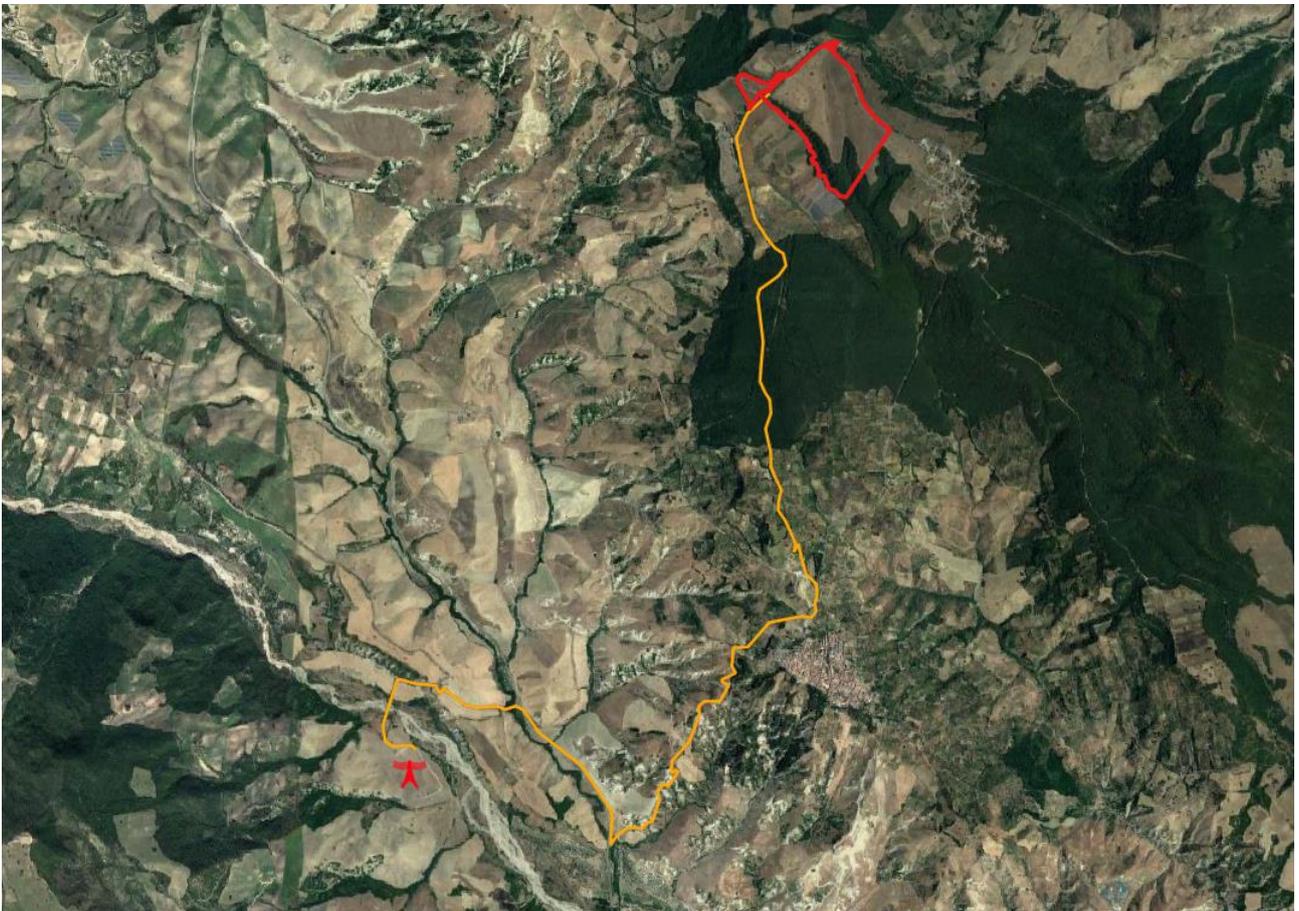


Figura 1 – Inquadramento di impianto FV ed opere di connessione su ortofoto

La potenza nominale complessiva dell'impianto fotovoltaico, determinata dalla somma delle potenze nominali dei moduli fotovoltaici, è pari a 19'800 kWp, mentre la potenza in immissione nella RTN è determinata dalla potenza indicata sulla STMG, ed è pari a 19'756.10 kW.

00	31-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

2.3 Configurazione lato Corrente Continua

La configurazione lato corrente continua dell'impianto prevedere essenzialmente:

- una potenza DC pari a 19'800 kWp, dati da:
 - o Nr. 30'000 Moduli Fotovoltaici;
 - o collegati in nr. 1'000 stringhe;
 - o raggruppati in nr. 60 String Box;
 - o che confluiscono in nr. 6 Inverter.
- una potenza AC pari a 20'050,00 kVA.

Tutti questi componenti saranno suddivisi in 6 sub-campi, dei quali si riporta di seguito la composizione:

CABINA	STRUTTURE 1x30	TOTALE STRINGHE	SB 16 STRINGHE	SB 17 STRINGHE	SB 18 STRINGHE	TOTALE SB	STRINGHE	MODULI FV	POTENZA DC kWp	POTENZA AC kVA	RAPPORTO DC/AC
C1	97	97	5	1		6	97	2.910	1.920,60	2.005	0,96
C2	195	195	9	3		12	195	5.850	3.861,00	4.010	0,96
C3	201	201	3	9		12	201	6.030	3.979,80	4.010	0,99
C4	211	211		5	7	12	211	6.330	4.177,80	4.010	1,04
C5	98	98	4	2		6	98	2.940	1.940,40	2.005	0,97
C6	198	198	6	6		12	198	5.940	3.920,40	4.010	0,98
TOTALE	1.000	1.000	27	26	7	60	1.000	30.000	19.800,00	20.050	0,99

00	31-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

2.3.1 Moduli fotovoltaici

I moduli fotovoltaici selezionati per il dimensionamento dell'impianto e per la redazione del presente progetto sono realizzati dal produttore Risen, serie Titan e modello RSM132-8-660BMDG, e presentano una potenza nominale a STC¹ pari a 660 Wp.

Ciascun modulo è composto da celle FV realizzate in silicio mono-cristallino ad elevata efficienza, vetro frontale temprato ad elevata trasparenza e dotato di rivestimento anti-riflesso, backsheet posteriore polimerico trasparente e cornice in alluminio, per una dimensione complessiva pari a 2'384 x 1'303 x 35 mm ed un peso pari a 40 kg.

Tali moduli fotovoltaici presentano caratteristiche tecniche innovative, di cui si riportano le principali:

- I moduli sono costituiti da celle FV in Silicio mono-cristallino con tecnologia bifacciale: le celle fotovoltaiche realizzate tramite questa innovativa tecnologia costruttiva sono in grado di convertire in energia elettrica la radiazione incidente sul lato posteriore del modulo FV. L'incremento di energia generata rispetto ad un analogo modulo tradizionale/mono-facciale è dipendente da molti fattori, primo fra tutti l'albedo² del terreno, e può raggiungere fino a +25% in casi particolarmente favorevoli;
- Layout costruttivo con "mezze-celle": ciascun modulo sarà costituito da 144 "mezze celle FV", collegate elettricamente tra loro. La divisione in due di ciascuna cella FV consente di ridurre la corrente foto-generata da ciascuna di esse, comportando una diminuzione delle perdite resistive (direttamente proporzionali all'entità della corrente stessa) e conseguentemente un incremento di efficienza della cella stessa;
- Collegamento elettrico delle celle FV tramite tecnologia "multi-busbar" in grado di ridurre ulteriormente le perdite resistive, minimizzando l'entità della corrente trasportata dalla singola busbar;
- Collegamento elettrico delle celle tramite ribbon di forma cilindrica, anziché la consueta sezione rettangolare, la quale consente di ridurre le perdite ottiche e di minimizzare la resistenza elettrica.

Questi ed altri accorgimenti consentono di raggiungere un elevato valore di efficienza di conversione della radiazione solare in energia elettrica, pari a 21.2% per il modulo FV previsto nel presente impianto.

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

² Rappresenta la frazione di radiazione solare incidente su una superficie che è riflessa in tutte le direzioni. Essa indica dunque il potere riflettente di una superficie.

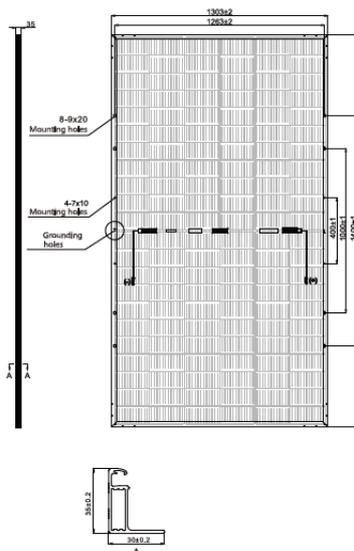
00	31-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

In Tabella 2 vengono riportate le principali caratteristiche elettriche del modulo FV considerato.

Tabella 2 - Caratteristiche tecniche dei moduli fotovoltaici

Modello modulo FV	RSM132-8-660BMDG	
	STC	NMOT
Potenza massima [Wp]	660	500
Tensione alla massima potenza – Vmpp [V]	38.23	35.48
Corrente alla massima potenza – Impp [A]	17.27	14.09
Tensione di circuito aperto – Voc [V]	45.89	42.68
Corrente di corto circuito – Isc [A]	18.28	14.99
Efficienza nominale a STC [%]	21.20%	
Temperatura di funzionamento [°C]	-40 – +85	
Tensione massima di sistema [V]	1500 (IEC)	
Corrente massima fusibili [A]	35	
Coefficiente di temperatura - Pmax	-0.34%/°C	
Coefficiente di temperatura - Voc	-0.25%/°C	
Coefficiente di temperatura - Isc	0.040%/°C	

Di seguito si riporta invece un estratto dal datasheet del modulo FV selezionato riportante le principali caratteristiche costruttive.



Si prevede di realizzare stringhe costituite da 30 moduli FV collegati elettricamente in serie. Le stringhe saranno direttamente attestate alla sezione di input degli inverter di stringa, tramite connettori MC4 o similari.

Si ritiene opportuno sottolineare come la scelta definitiva del produttore/modello del modulo fotovoltaico da installare sarà effettuata in fase di progettazione costruttiva in seguito all’esito positivo della procedura autorizzativa, sulla base delle attuali condizioni di mercato nonché delle effettive disponibilità di moduli FV da parte dei produttori.

00	31-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

2.3.2 Strutture di Sostegno – Inseguitori mono-assiali

Per il presente progetto si prevede l'impiego di strutture di sostegno ad inseguimento mono-assiale, nello specifico si prevede l'installazione di 1'000 strutture. Si prevedono le seguenti tipologie di strutture:

N° strutture tracker mono-assiali	1'000 strutture 1Px30 (per un totale pari a 30'000 moduli FV)
-----------------------------------	---

Le strutture ad inseguimento mono-assiale (tracker) consentono la rotazione dei moduli stessi attorno ad un singolo asse, orizzontale ed orientato Nord-Sud, in maniera tale da variare il proprio angolo di inclinazione fino ad un limite massimo di $\pm 55^\circ$ ed "inseguire" la posizione del Sole nel corso di ogni giornata. L'inseguimento solare Est/Ovest consente di mantenere i moduli FV il più possibile perpendicolari ai raggi solari, massimizzando la superficie utile esposta al sole e di conseguenza la radiazione solare captata dai moduli stessi per essere convertita in energia elettrica. Il guadagno in termini di produzione energetica, rispetto ai tradizionali impianti FV realizzati con strutture ad inclinazione fissa, è stimabile nel range $+10 \div +20 \%$.

Nello specifico, per il presente progetto sono stati considerati i tracker mono-assiali realizzati dal produttore italiano **ConvertItalia** modello **TRJ** in configurazione 1P, ovvero una singola fila di moduli FV disposti verticalmente.



Figura 2 - immagine esemplificativa di inseguitori mono-assiali in configurazione 1P (fonte: ConvertItalia)

Tutti gli elementi di cui è composto il tracker (pali di sostegno, travi orizzontali, giunti di rotazione, elementi di supporto e fissaggio dei moduli, ecc.) saranno realizzati in acciaio al carbonio galvanizzato a caldo.

Tali strutture di sostegno vengono infisse nel terreno mediante battitura dei pali montanti, o in alternativa tramite avvitarmento, per una profondità non superiore a 2,0 m. Non è quindi prevista la realizzazione di fondazioni in cemento o altri materiali. Tale scelta progettuale consente quindi di minimizzare l'impatto sul suolo e l'alterazione dei terreni stessi, agevolandone la rimozione alla fine della vita utile dell'impianto.

00	31-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

L'altezza dei pali di sostegno è stata determinata in maniera tale che la distanza tra il bordo inferiore dei moduli FV ed il piano di campagna sia non inferiore a 2,50 m (alla massima inclinazione dei moduli). Ciò comporta che la massima altezza raggiungibile dai moduli FV sia pari a 4.45 m, sempre alla massima inclinazione.

Tabella 3 - Caratteristiche tecniche degli inseguitori mono-assiali

Tipologia di sistema ad inseguimento	Singolo asse orizzontale con backtracking
Asse di rotazione	Nord-Sud
Angolo di rotazione	±55°
Configurazione	30 moduli FV in configurazione 1xPortrait
Dimensioni	40,34 x 2,38 x 4,45 (altezza massima dal suolo)
Tipologia fondazioni	pali infissi nel terreno
Superficie moduli FV	96 m ²
Alimentazione elettrica	400/230V-50Hz
Grado di protezione	IP 55
Temperatura di funzionamento	-10°C ÷ +50°C
Altitudine massima	2000 m a.s.l.
Inclinazione massima del terreno	≤15° Nord-Sud, illimitata Est/Ovest

La distanza tra gli inseguitori (solitamente denominata *pitch*) per il presente progetto è pari a 5,5m, al fine di ottimizzare la produzione energetica a parità di consumo di suolo da una parte, e dall'altra di consentire il passaggio di un mezzo tra file successive per le operazioni di manutenzione e pulizia moduli.

Gli inseguitori saranno in grado di posizionarsi automaticamente in posizione di sicurezza in caso di velocità del vento elevata, mentre sarà infine possibile posizionare gli inseguitori ad una inclinazione idonea per consentirne l'ispezione ai fini di manutenzione nonché per il lavaggio periodico dei moduli fotovoltaici.

00	31-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

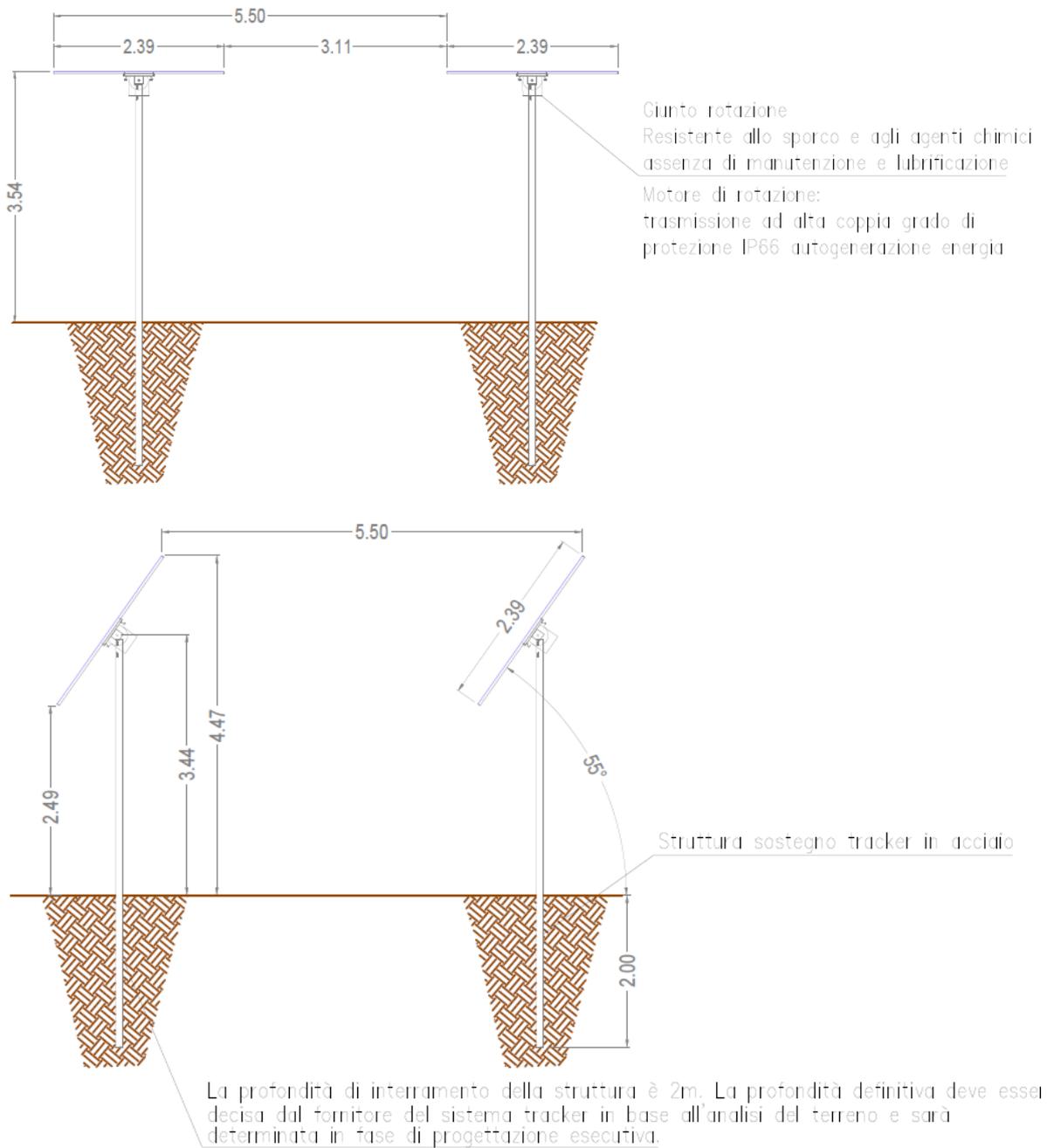


Figura 3 - Inseguitori mono-assiali: modalità di installazione e principali quotature

00	31-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

2.3.3 Casette di parallelo-stringa (string boxes)

Le cassette di parallelo stringa (denominate comunemente “string boxes”) hanno il compito di raccogliere l’energia generata dai moduli fotovoltaici e convogliarla verso gli inverter di impianto, proteggendo elettricamente le stringhe di moduli ad esse afferenti.

Esse sono realizzate in vetro-resina in modo da garantire una classe di isolamento II ed ubicate in posizione baricentrica rispetto alle relative stringhe fotovoltaiche, installate in un apposito chiosco in grado di proteggerle dall’esposizione diretta alla radiazione solare. Nella seguente tabella sono riportate le loro principali caratteristiche.

Tabella 4 - Caratteristiche tecniche string box

Input	< 20 stringhe
Fusibili	35A gPV – 1’500V
Scaricatore sovratensione	I+II
Classe di Isolamento	II
Grado di protezione	IP 65
Dimensioni	620x822x325 mm
Peso	30 kg
Temperatura di funzionamento	-5...+55°C



Figura 4 - Immagine esemplificativa di una string box

00	31-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

2.4 Configurazione Lato Corrente Alternata

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

- nr. 6 inverter che ricevono una potenza una potenza DC pari a 19'800 kWp (@STC) e la convertono in AC una potenza pari a 20'050,0 kVA;
- nr. 6 trasformatori MT/BT per una potenza complessiva nominale pari a 20'000,0 kVA;
- nr. 1 cabina di SE Utente Produttore per la raccolta di tutte le linee MT di distribuzione di campo.

2.4.1 Cabina di trasformazione (skid)

All'interno di ciascun campo saranno ubicate le cabine di trasformazione, realizzate su strutture di tipo skid, aventi lo scopo di ricevere la potenza elettrica in corrente continua BT proveniente dalle cassette di parallelo stringa (string boxes) ubicate in campo, convertirla in corrente alternata e innalzarne il livello di tensione da BT a MT (da 630 V a 30 kV), collegarsi alla rete di distribuzione MT del campo al fine di veicolare l'energia generata verso la cabina di smistamento MT e successivamente verso la stazione elettrica di trasformazione MT/AT.

Le cabine saranno situate in posizione baricentrica rispetto cassette di stringa ad essa afferenti, al fine di minimizzare la lunghezza dei cavidotti in bassa tensione e posate su apposite fondazioni in calcestruzzo tali da garantirne la stabilità, e nelle quali saranno predisposti gli opportuni cavedi e tubazione per il passaggio dei cavi di potenza e segnale, nonché la vasca di raccolta dell'olio del trasformatore. Per ulteriori dettagli in merito alle fondazioni nonché al sistema di fissaggio dello skid si rimanda al sovra-menzionato elaborato dedicato (*Particolare cabine elettriche*).

2.4.1.1 Cabina di trasformazione

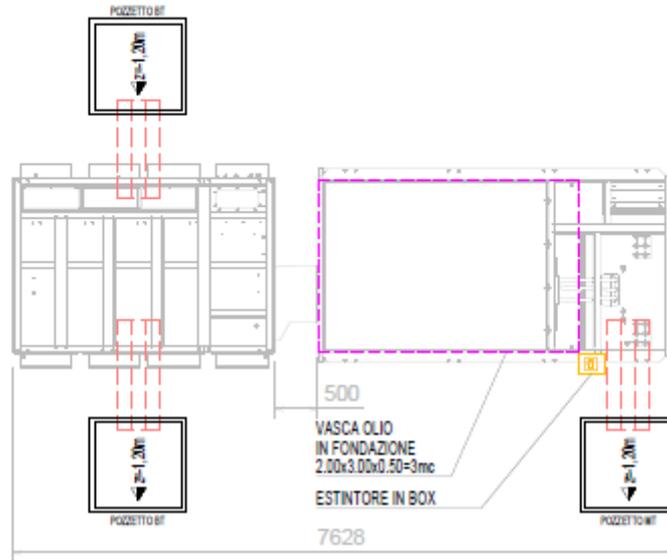
La cabina di trasformazione in configurazione singola sarà principalmente costituita da:

- 1 Inverter centralizzato;
- 1 Trasformatore MT/BT;
- Quadro di media tensione;
- Quadro BT: quadro ausiliari, UPS.

In Figura 5 è riportato un layout preliminare della cabina di trasformazione, nella quale è riportato il posizionamento dei principali componenti.

00	31-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

VISTA DALL'ALTO



VISTA FRONTALE

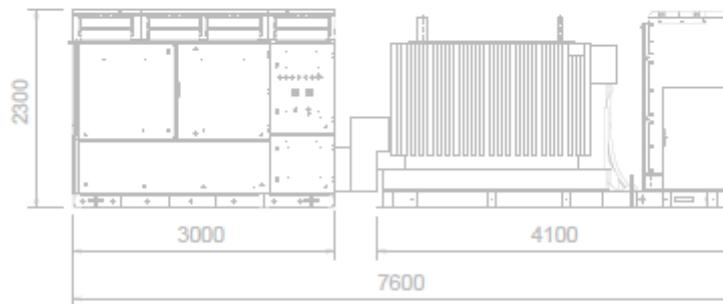


Figura 5 - Layout preliminare cabina di trasformazione BT/MT con/senza shelter di chiusura

Tali cabine sono costituite strutture aperte di tipo skid (con dimensioni approssimative pari a 7,63 x 2,35 x 2,3 m e peso pari a circa 18 t), realizzate in acciaio galvanizzato a caldo e costruiti per garantire un grado di protezione dagli agenti atmosferici esterni pari a IP54.

00	31-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

2.4.1.2 Inverter

Per il presente progetto è previsto l'impiego di inverter centralizzati Power Electronics, modelli FS4010K e FS2005K.



Figura 6 - Inverter centralizzato

I valori della tensione e della corrente di ingresso di questo inverter sono compatibili con quelli delle stringhe di moduli FV ad esso afferenti, mentre i valori della tensione e della frequenza in uscita (630 V – 50 Hz) sono compatibili con quelli della rete alla quale viene connesso l'impianto.

Gli inverter avranno in ingresso i cavi DC provenienti dagli SB; ogni inverter è in grado di ricevere fino a 18 input; ciascun ingresso in corrente continua sarà protetto tramite un fusibile dedicato mentre la sezione in corrente alternata sarà protetta tramite interruttore.

Gli inverter, aventi grado di protezione IP 54, saranno installati direttamente sulla struttura skid in configurazione "outdoor" e risultano adatti ad operare nelle condizioni ambientali che caratterizzano il sito di installazione dell'impianto FV (intervallo di temperatura ambiente operativa: -20...+50 °C).

L'uscita in corrente alternata di ciascun inverter sarà collegata direttamente al circuito secondario del trasformatore di potenza BT/MT installato nel rispettivo skid.

Ciascun inverter è in grado di monitorare, registrare e trasmettere automaticamente i principali parametri elettrici in corrente continua ed in corrente alternata. L'inverter selezionato è conforme alla norma CEI 0-16.

In Tabella 5 si riportano le principali caratteristiche tecniche dell'inverter selezionato.

00	31-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

TECHNICAL CHARACTERISTICS

HEMK 630V

		FRAME 2	FRAME 3	FRAME 4
REFERENCES		FS2005K	FS3005K	FS4010K
OUTPUT	AC Output Power (kVA/kW) @40°C ⁽¹⁾	2005	3005	4010
	AC Output Power (kVA/kW) @50°C ⁽¹⁾	1860	2790	3720
	Max. AC Output Current (A) @40°C	1837	2756	3674
	Operating Grid Voltage (VAC) ⁽²⁾	630V ±10%		
	Operating Grid Frequency (Hz)	50Hz/60 Hz		
	Current Harmonic Distortion (THDi)	< 3% per IEEE519		
	Power Factor (cosine phi) ⁽³⁾	0.5 leading ... 0.5 lagging adjustable / Reactive power injection at night		
INPUT	MPPt @full power (VDC)	891V-1500V		
	Maximum DC voltage	1500V		
	Number of PV inputs ⁽²⁾	Up to 40		
	Max. DC continuous current (A) ⁽⁴⁾	2295	3443	4590
	Max. DC short circuit current(A) ⁽⁴⁾	3470	5205	6940
EFFICIENCY & AUX. SUPPLY	Efficiency (Max) (η) (preliminary)	98.76%	98.79%	98.85%
	Euroeta (η) (preliminary)	98.39%	98.42%	98.59%
	Max. Power Consumption (kVA) (preliminary)	8	9	10
CABINET	Dimensions [WxDxH] (ft)	9.8 x 6.6 x 7.2		
	Dimensions [WxDxH] (m)	3.0 x 2.0 x 2.2		
	Weight (lbs) (preliminary)	11465	11795	12125
	Weight (kg) (preliminary)	5200	5350	5500
	Type of ventilation	Forced air cooling		
ENVIROMENT	Degree of protection	NEMA 3R - IP55		
	Permissible Ambient Temperature	-35°C to +60°C, >50°C / Active Power derating		
	Relative Humidity	4% to 100% non condensing		
	Max. Altitude (above sea level)	2000m ; >2000m power derating (Max. 4000m)		
	Noise level ⁽⁵⁾	< 79 dBA		
CONTROL INTERFACE	Communication protocol	Modbus TCP		
	Plant Controller Communication	Optional		
	Keyed ON/OFF switch	Standard		
PROTECTIONS	Ground Fault Protection	GFDI and Isolation monitoring device		
	General AC Protection	Circuit Breaker		
	General DC Protection	Fuses		
	Overvoltage Protection	AC and DC Inverter and auxiliary supply type 2		
CERTIFICATIONS	Safety	UL1741, CSA 22.2 No.107.1-16, UL62109-1, IEC62109-1, IEC62109-2		
	Compliance	NEC 2017 / IEC		
	Utility interconnect	IEEE 1547.1-2005 / UL1741SA-Feb. 2018 / IEC62116:2014		

Tabella 5 – Inverter centralizzato: principali caratteristiche tecniche

Si ritiene opportuno sottolineare che la scelta definitiva del produttore/modello dell’inverter centralizzato sarà effettuata in fase di progettazione costruttiva in seguito all’esito positivo della procedura autorizzativa, sulla base delle attuali condizioni di mercato nonché delle effettive disponibilità da parte dei produttori. L’architettura d’impianto non subirà comunque alcuna variazione significativa.

00	31-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

2.4.1.3 Trasformatore BT/MT

All'interno di ciascuna cabina sarà ubicato un trasformatore elevatore BT/MT, raffreddato ad olio, sigillato ermeticamente ed installato su apposita vasca di raccolta olio.

I trasformatori avranno potenza nominale pari a 4'000 kVA e 2'000 kVA e rapporto di trasformazione pari a 30'000/630V.

Le principali caratteristiche della macchina selezionata sono riportate in Tabella 6.

Tabella 6 - Trasformatore BT/MT: principali caratteristiche tecniche

Caratteristiche costruttive	Ermetico - KNAN Natural Oil (FR3)	
Potenza	4'000 kVA	2'000 kVA
Gruppo vettoriale	Dy11	
Tensione primario - V_1	30'000 V	
Tensione secondario - V_2	630 V	
Frequenza nominale	50 Hz	
V_{cc}	6%	
Perdite nel ferro	$\leq 0,15\%$	
Perdite nel rame	$\leq 0,8\%$	
Dimensioni	2,4 x 1,5 x 2,5 [m]	1,86 x 1,2 x 2,1 [m]
Peso	~ 5,5 t	~ 3,5 t

L'olio utilizzato come isolante all'interno del trasformatore è del tipo naturale FR3, quindi caratterizzato da un minor impatto ambientale rispetto al più "tradizionale" olio minerale in quanto realizzato interamente con oli vegetali biodegradabili e con punto di fuoco molto più alto. Sono previsti non più di 2'400 litri di olio per ogni macchina. Ciascun trasformatore sarà installato sopra apposita vasca di fondazione per la raccolta oli, realizzata in cemento ed opportunamente trattata al fine di essere impermeabile agli oli stessi. La superficie in pianta della vasca, al netto dello spazio occupato dal trasformatore, sarà pari a 5,6m², ed avrà un'altezza pari a 0.5m, per un volume utile complessivo pari a 2,74 m³.

In Figura 7 è riportata un'immagine esemplificativa della tipologia di trasformatore installato all'interno di ciascuna cabina.



Figura 7 - Trasformatore BT/MT in olio

00	31-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

2.4.1.4 Quadro MT

Il quadro di media tensione (QMT) è classificato in accordo alla Norma di riferimento CEI EN 62271-200 come segue:

36kV-20kA-630A - LSC2A/PI IAC AFLR 20kA x 1s

ovvero in particolare con l' Internal Arc Certification (IAC) su tutti e 4 i lati (Fronte Lati Retro) a massima sicurezza dell'operatore.

Il quadro sarà composto da quattro unità (tre in caso di cabina singola):

- nr. 2 per l'attestazione dei cavi di MT sia lato rete che lato campo;
- nr. 1 per la protezione trasformatore MT/BT, con un relè di protezione dedicato per le protezioni:
 - massima corrente di fase con ritardo intenzionale (50) ed istantanea (51);
 - massima corrente omopolare per la rimozione dei guasti monofase a terra (51N).

2.4.1.5 Sezione Ausiliari

Nella sezione in bassa tensione saranno ubicati due quadri in bassa tensione contenenti:

- Quadro di alimentazione sezione ausiliari;
- Trasformatori BT/BT (isolato in resina) di potenza nominale pari a 30-50 kVA per l'alimentazione dei servizi ausiliari;
- Un quadro di distribuzione secondaria per l'alimentazione dei carichi della cabina di trasformazione, suddivisi in
 - Sezione "normale" di alimentazione dei servizi non essenziali;
 - Sezione "preferenziale" sotto UPS, dedicata all'alimentazione dei servizi essenziali, quali ad esempio: comandi elettrici di emergenza, SCADA per segnalazione allarmi e stato dei componenti principali.
- Un quadro UPS per alimentazione di emergenza (6kVA – 230/230V, autonomia 2h@ 200 VA).

00	31-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

2.4.2 Cabina MT di smistamento

Lungo il confine Nord dell'impianto fotovoltaico sarà ubicata una cabina di smistamento in media tensione, esercita a 30kV-50Hz, avente lo scopo principale di veicolare la produzione energetica proveniente dalle cabine di trasformazione ubicate nel campo FV verso la stazione elettrica di trasformazione MT/AT, tramite un cavidotto interrato in media tensione.

La cabina sarà costituita da elementi prefabbricati di tipo containerizzato (container marino Hi-Cube da 40'' con dimensioni pari a 12,2x2,44x2,9 m; peso indicativo di 12 t), realizzati in acciaio galvanizzato a caldo e costruiti per garantire un grado di protezione dagli agenti atmosferici esterni pari a IP33. Essendo la cabina costruita con un'apposita struttura prefabbricata, tale struttura (precaria) non necessita alcuna autorizzazione urbanistica accessoria.

La cabina sarà posata su apposite fondazioni in calcestruzzo tali da garantirne la stabilità, e nelle quali saranno predisposti gli opportuni cavedi e tubazione per il passaggio dei cavi di potenza e segnale. Per ulteriori dettagli in merito alle fondazioni nonché al sistema di fissaggio del container si rimanda all'elaborato "Particolare cabine elettriche", di cui di seguito si riporta un estratto:

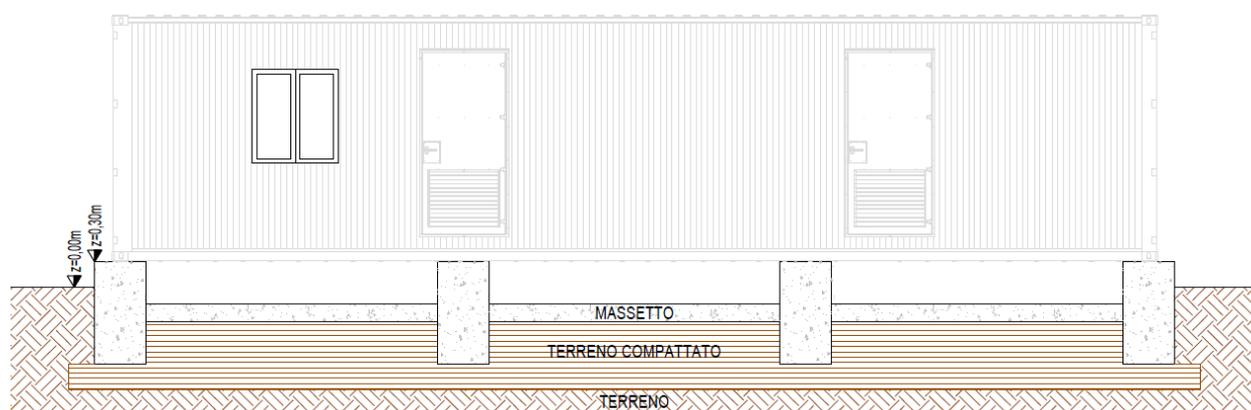


Figura 8 - Cabina MT di smistamento - Vista esterna e fondazioni

All'interno della cabina MT di campo FV sarà essenzialmente previsto:

- Nr. 1 locale tecnico con Quadro MT e sezione ausiliari con trasformatore da 100kVA,
- Nr. 1 locale libero con una postazione SCADA di controllo impianto ed area dedicata ad un minimo di magazzino.

00	31-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

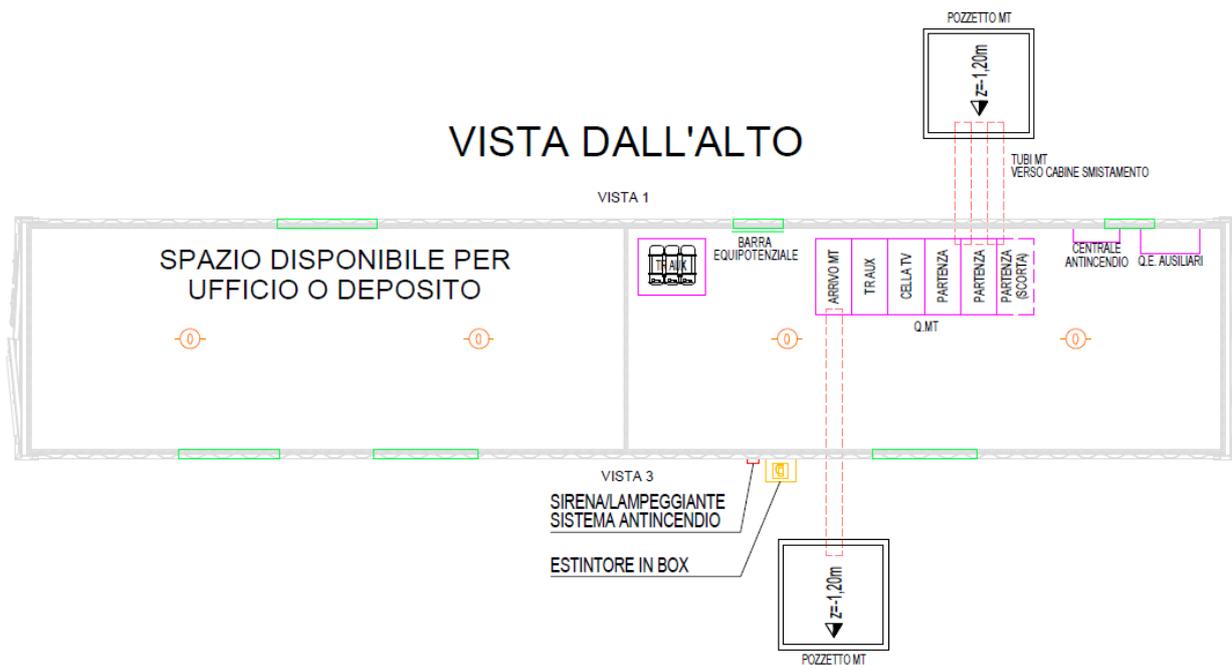


Figura 9 - Cabina MT di smistamento - Vista in pianta

Il quadro di media tensione (QMT) è classificato in accordo alla Norma di riferimento CEI EN 62271-200 come segue:

36kV-16kA-630A - LSC2A/PI IAC AFLR 16kA x 1s

ovvero in particolare con l' Internal Arc Certification (IAC) su tutti e 4 i lati (Fronte Lati Retro) a massima sicurezza dell'operatore.

Il quadro sarà composto dalle seguenti unità:

- nr. 2 unità per la protezione delle linee MT provenienti dal campo FV, in configurazione radiale, ciascuna di esse è quindi accessoriata con un relè avente le seguenti protezioni MT:
 - massima corrente di fase con ritardo intenzionale (50) ed istantanea (51);
 - massima corrente direzionale omopolare per l'apertura in caso di guasto a terra (67N).
- nr. 1 partenza per la protezione del trasformatore ausiliari con sezionatore-fusibile MT;
- nr. 1 scomparto TV per l'alloggio dei trasformatori di misura di tensione che servono per il controllo dei parametri elettrici di sbarra MT;
- nr. 1 scomparto partenza cavi MT che va verso la cabina MT di SE di Trasformazione;
- nr. 1 scomparto di riserva.

La sezione ausiliari sarà completata da un trasformatore MT/BT (resina E2C2F1, 30/0.4kV, installato nel locale tecnico di cabina) di potenza nominale pari a 100 kVA per l'alimentazione dei servizi ausiliari, costituiti da:

- Sezione "normale" di alimentazione dei servizi non essenziali;
- Sezione "preferenziale" sotto UPS, dedicata all'alimentazione dei servizi essenziali, quali ad esempio: comandi elettrici di emergenza, SCADA per segnalazione allarmi e stato dei componenti principali;
- Un quadro UPS per alimentazione di emergenza (6kVA – 230/230V, autonomia 24h@ 200 VA).

00	31-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

2.4.3 Sottostazione Utente di Trasformazione AT/MT

La sottostazione utente sarà ubicata all'interno della sottostazione condivisa da realizzarsi in posizione adiacente al futuro ampliamento della SE Garaguso 380/150 kV, ed interesserà una superficie pari a circa 6900 m².

Di seguito è riportato il layout della sottostazione utente, per ulteriori dettagli e quotature si rimanda all'elaborato dedicato.

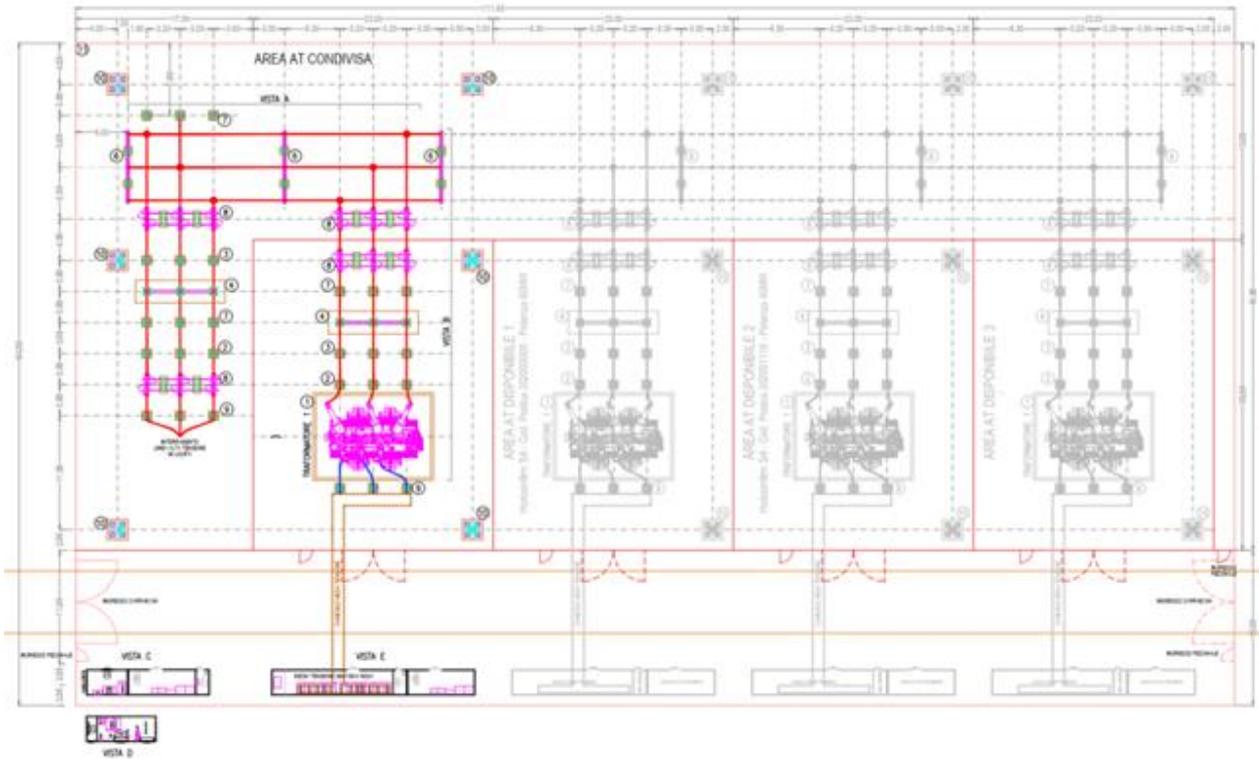


Figura 10 - Layout della sotto-stazione utente

La sezione tratteggiata in grigio a destra è la predisposizione all'ampliamento per altri Utenti Produttori che richiedessero la connessione a Terna nelle vicinanze di questo impianto.

La sottostazione Utente Produttore è quella riportata a sinistra ed è costituita essenzialmente da:

- Componenti ed organi di manovra in Alta Tensione;
- Nr. 1 Trasformatore AT/MT di potenza pari a 20(25) MVA;
- Cabina Condivisa con le cabine consegna MT per i servizi ausiliari di SE Condivisa;
- Cabina di Sottostazione;
- Accessori (sistema antintrusione, illuminazione, protezione scariche atmosferiche, etc).

00	31-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

2.4.3.1 Componenti ed organi di manovra in Alta Tensione

I componenti ed organi di manovra in Alta Tensione e le loro funzionalità sono ben indicate nello schema unifilare generale, e riassumibili essenzialmente in:

- Nr. 1 terminazione per l'uscita in cavo AT verso la SE Condivisa a 150kV;
- N°1 stallo di Alta Tensione per la manovra e protezione del trasformatore, essenzialmente composta da:
 - Interruttore;
 - Trasformatori di corrente (TA) e di tensione (TV) induttivi;
 - Scaricatori di sovratensione;
- Nr. 1 linea in uscita di Media Tensione, provvisto di sezionatore a doppia apertura laterale con lame di terra.

2.4.3.2 Trasformatore AT/MT

È prevista l'installazione di un singolo trasformatore MT/AT da 20 (25) MVA.

Si riportano nella tabella seguente i dati di targa del trasformatore AT/MT

Caratteristiche costruttive	ONAN / ONAF (Olio minerale)
Potenza	20 / 25 MVA
Gruppo vettoriale	YNd11
Tensione primario - V₁	150'000 V
Tensione secondario - V₂	30'000 V
Regolazione Tensione primaria	±12x1,25%
Frequenza nominale	50 Hz
V_{cc}	10%
Rendimento (indice PEI)	99,684%
Dimensioni	5,6 x 4,8 x 3,5 [m]
Peso	28 t con olio 20 t senza olio

Il massimo volume d'olio previsto per ciascuna macchina sarà non superiore a 9'200 litri.

Il trasformatore sarà installato all'interno di apposita vasca di fondazione per la raccolta oli, realizzata in cemento ed opportunamente trattata al fine di essere impermeabile agli oli stessi.

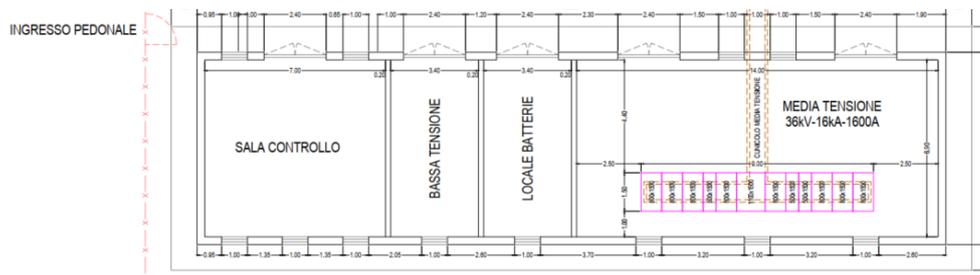
La superficie in pianta della vasca, al netto dello spazio occupato dal trasformatore, sarà pari a circa 70m², ed avrà un'altezza pari a 0.7m, per un volume utile complessivo pari a 49 m³.

Per ulteriori dettagli costruttivi in merito alla vasca di raccolta oli si rimanda all'elaborato grafico dedicato.

00	31-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

2.4.3.3 Cabina di SE Utente Produttore

La cabina di SE Utente Produttore è essenzialmente costituita da 4 locali tecnici come chiaramente indicato dall'elaborato di riferimento, di cui si riporta di seguito un estratto:



I locali sono:

- Sala di Controllo, dove saranno installati: il quadro di comando delle apparecchiature di AT, i relè di protezione AT, il contatore di energia ed il power plant controller, lo SCADA per la comunicazione con l'operatore di RTN e di supervisione dell'impianto di generazione;
- Locale Bassa Tensione, dove è installato il quadro BT di alimentazione dei servizi ausiliari di SE;
- Locale Batterie, dove sono installati gli organi per garantire la continuità dei servizi ausiliari essenziali;
- Il Locale Media Tensione, dove è installato il quadro Media Tensione (QMT) che sarà classificato in accordo alla Norma di riferimento CEI EN 62271-200 come segue:

36kV-16kA-1'600A - LSC2A/PI IAC AFLR 16kA x 1s

ovvero in particolare con l' Internal Arc Certification (IAC) su tutti e 4 i lati (Fronte Lati Retro) a massima sicurezza dell'operatore. Il quadro sarà composto dalle seguenti unità:

- nr. 1 unità di partenza delle linee MT, dedicata all'impianto FV; questa unità serve per la protezione linea MT, ed è quindi accessoriata con un relè avente le seguenti protezioni MT:
 - massima corrente di fase con ritardo intenzionale (50) ed istantanea (51);
 - massima corrente direzionale omopolare per l'apertura in caso di guasto a terra (67).
- Nr. 2 unità TV per i Trasformatori di Misura di Tensione che servono per il controllo dei parametri elettrici delle due semi-sbarre MT;
- nr. 1 unità per la protezione trasformatore sezione ausiliari di SE;
- Nr. 1 unità di arrivo delle linee MT dal trasformatore AT/MT, le cui protezioni ed il comando saranno necessariamente coordinate con le protezioni AT;
- Nr. 1 unità congiuntore, per dividere in due sezioni le sbarre MT.

00	31-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

2.5 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 CC - Cavi di SB: ovvero i cavi CC che collegano gli SB all'inverter;
- Cavi in MT: ovvero i cavi MT utilizzati nelle linee radiali interne al campo fotovoltaico verso la Cabina di SE, interna al campo fotovoltaico, 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 (in corrente continua) ed in MT (in corrente alternata), utilizzati per il trasporto di energia dai moduli FV alle cassette di parallelo 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	31-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

2.5.1 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 STC³ 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 che l'inverter è di tipologia centralizzato, ed in particolare del costruttore Power Electronics, modelli FS4010K e FS2005K, le stringhe che devono arrivare al suddetto inverter sono in numero considerevole, in particolare fino a 211 stringhe per inverter → 422 cavi di stringa – positivo e negativo – per inverter; risulta quindi evidente la necessità di prevedere direttamente in campo a dei quadri di primo parallelo DC, detti string box (SB di seguito), che in ingresso avranno un certo numero di stringhe (in questo progetto fino a 18 stringhe per SB), che collegheranno in parallelo, rendendo disponibile in uscita una potenza maggiore.

I cavi di collegamento degli SB sono chiamati cavi di SB e per questo progetto è stato scelto il cavo tipo ARG16R16.

La sezione CC verrà esercitata 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.

³ STC - Standard Test Conditions: irraggiamento solare 1000 W/m², temperatura modulo FV 25°C, Air Mass 1,5

00	31-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

2.5.1.1 Cavi di Stringa – Configurazione e modalità di Installazione

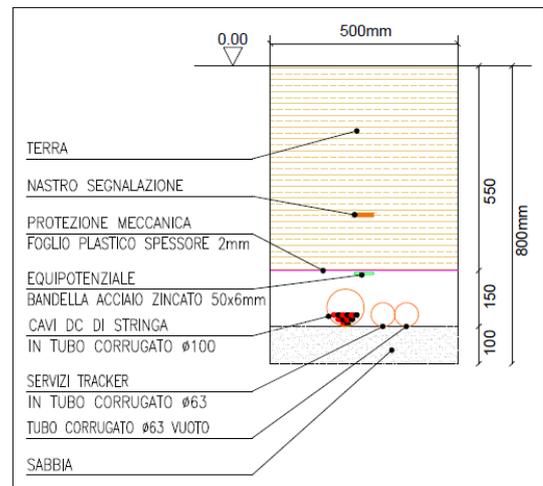
I cavi avranno tratti sia all’aperto (tipicamente lungo la struttura fotovoltaica di sostegno dei moduli fotovoltaici), sia sottoterra per il raggiungimento dell’inverter.

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	31-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

2.5.1.2 Cavi SB – Configurazione e modalità di Installazione

I cavi saranno installati:

- direttamente interrati lungo tutto il percorso, disposti in piano nel cavidotto;
- all'interno di tubo corrugato, (un tubo per cavi SB) in uscita dallo SB per evitare l'irraggiamento diretto; l'altra estremità, arrivando già dal terreno, raggiungerà il fondo dell'inverter in aria libera;

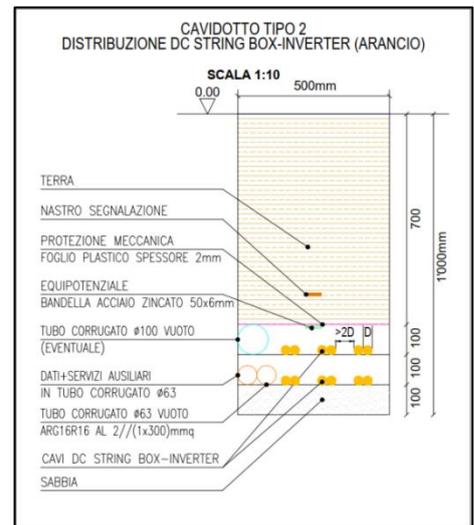
Come già specificato nel paragrafo precedente è scelto il cavo in Alluminio, tipo ARG16R16; la configurazione prevista in questa fase di progettazione definitiva è la seguente:

$$2// (1 \times 300) \text{ mm}^2$$

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

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

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	In piano direttamente interrato: 497 A
	In piano in aria: 548 A



La sezione tipica di questi cavidotti è essenzialmente costituita da una sezione larga da 500 a 1'000mm (a seconda del numero di cavi DC da posizionare) 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 SB 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	31-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

2.5.2 Cavi in corrente alternata (MT)

I cavi in Media Tensione sono necessari per collegare in parallelo le varie cabine di trasformazione sparse per il Campo Fotovoltaico fino a raggiungere la 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 una tipologia di cavo in funzione del tipo di collegamento da effettuare:

- cavo tipo ARP1H5EX per i collegamenti di distribuzione radiali di campo fino alla cabina di smistamento;
- cavo tipo ARP1H5(AR)EX per il collegamento tra la cabina di smistamento e la SE Condivisa di trasformazione.

2.5.2.1 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 Alluminio tipo ARP1H5EX, 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:

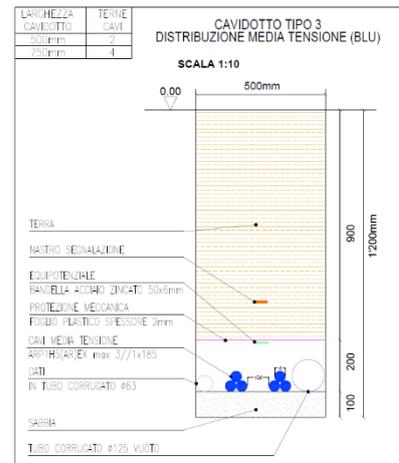
Collegamento 1 cabina di trasformazione	→	3// (1x70) mm ²
Collegamento 2 cabine di trasformazione	→	3// (1x120) mm ²
Collegamento 3 cabina di trasformazione	→	3// (1x185) mm ²

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	31-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Di seguito vengono riportate le principali caratteristiche del cavo selezionato.

Modello	ARP1H5EX
Conduttore	Corda compatta a fili di alluminio (CEI 20-29, classe 2)
Isolante	HPTE (elastomero termoplastico)
Guaina	Polietilene
Temperatura di esercizio	0 – 105°C
Tensione nominale U_o/U (Um)	18/30 (36) kV
Sezione conduttore	70 / 120 / 185 mm ²
Portata corrente [A]	A trifoglio direttamente interrati: 70 mm ² : 221 A 120 mm ² : 303 A 185 mm ² : 385 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	31-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

2.5.3 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.

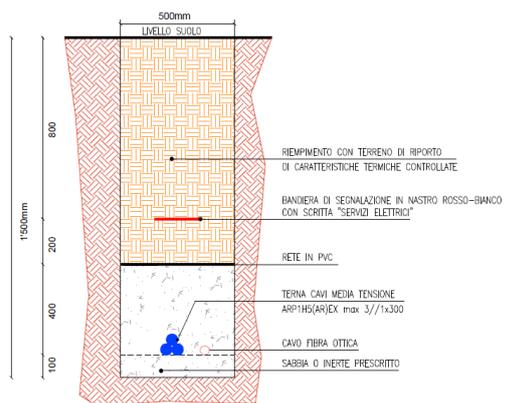
Il cavo selezionato è il cavo in Alluminio tipo ARP1H5(AR)EX, mentre la configurazione prevista sarà:

Cavidotto MT Esterno → 3// 2x[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	ARP1H5(AR)EX
Conduttore	Corda compatta a fili di alluminio (CEI 20-29, classe 2)
Isolante	HPTE (elastomero termoplastico)
Guaina	Polietilene (DMP2)
Temperatura di esercizio	0 – 90°C
Tensione nominale U_o/U (Um)	18/30 (36) kV
Sezione conduttore	300 mm ²
Portata corrente [A]	A trifoglio direttamente interrati: 300 mm ² : 486 A



00	31-03-2022	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.

2.5.4 Altri cavi

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

2.5.4.1 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.

Sono previste 4 cabine di trasformazione.

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	31-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

2.5.4.2 Cavi nella Sottostazione di Trasformazione AT/MT

La sottostazione di trasformazione AT/MT è quell'insieme di componenti atti a rendere disponibile l'energia da Media Tensione in Alta Tensione, nello specifico caso da 30'000 a 150'000V. I componenti principali sono:

- Componenti ed organi di manovra in Alta Tensione per la protezione e distribuzione dell'Alta Tensione;
- Trasformatore AT/MT, ovvero la macchina elettromeccanica che trasformano l'energia resa disponibile da Media Tensione dal Campo FV ad Alta Tensione per la Rete di Trasmissione Nazionale (RTN);
- QMT (Quadro Media Tensione), ovvero il quadro che rende disponibile i cavi MT per la distribuzione MT.

È prevista un'unica sottostazione AT/MT.

La fornitura ed il dimensionamento dei cavi elettrici all'interno di ogni sottostazione sono da considerarsi come inclusi nella fornitura della sottostazione, per cui il dimensionamento di cavi MT sarà definito in fase di progettazione esecutiva e a cura del fornitore della Sottostazione.

2.5.4.3 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.

2.5.4.4 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).

2.5.4.5 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	31-03-2022	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 (in particolare tra 550 e 600m 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 → -10 ... + 50°C

00	31-03-2022	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 / SB / 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 → corrente di stringa CC

$$I_{SC} = 18,61\text{A}$$

Si rimanda ai paragrafi successivi della presente relazione per la verifica della portata di corrente del cavo DC di stringa.

00	31-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Lo SB (cassetta di parallelo-stringa) è il quadro di primo parallelo DC, installato direttamente in campo, che collegherà in parallelo più stringhe; lo SB selezionato prevede un massimo di 20 stringhe, ma, come è stato possibile verificare dalla configurazione riportata in introduzione al paragrafo 2, non saranno collegate più di 18 stringhe.

Ai fini cautelativi viene effettuata la verifica con il collegamento di tutti e 20 i canali, per cui si ha:

$$V_{OC} 48,76 \times 30 = 1'462,8V - V_{MPP} = 48,76 \times 30 = 1'462,8V$$

$$I_{SC} = 18,61 \times 20 = 372,2A - I_{MPP} = 17,58 \times 20 = 351,6A$$

C) Verifica di coordinamento → lo string box (SB): tensione, corrente ingresso e corrente uscita

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

$$I_{FUS} = 35A - \text{tipo gPV, } 1'500V \rightarrow > 18,61/0,8 = 23,3A \text{ OK } \checkmark$$

$$I_{GEN} = 400A > 372,2A \text{ OK } \checkmark$$

D) Verifica di coordinamento → corrente di stringa SB

$$I_{SC} = 372,2A$$

Si rimanda ai paragrafi successivi della presente relazione per la verifica della portata di corrente del cavo DC di stringa.

00	31-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

L'inverter precedentemente descritto è il componente che permette la conversione da corrente continua a corrente alternata; si considera la configurazione più gravosa elettricamente per verificarne il coordinamento.

CABINA	STRUTTURE 1x30	TOTALE STRINGHE	SB 16 STRINGHE	SB 17 STRINGHE	SB 18 STRINGHE	TOTALE SB	STRINGHE	MODULI FV	POTENZA DC kW/p	POTENZA AC kVA	RAPPORTO DC/AC
C4	211	211		5	7	12	211	6.330	4.177,80	4.010	1,04

Le grandezze elettriche da verificare sono:

$$V_{OC} = 48,76 \times 30 = 1'462,8V - V_{MPP} = 48,76 \times 30 = 1'462,8V$$

$$\text{Ingresso SB} \rightarrow I_{MAX} = 18,61 \times 20 = 372,2A$$

$$\text{Inverter} \rightarrow P_{CC} = 4'177,80 \text{ kWp} - I_{MAX} = 18,61 \times 211 = 3'926,71 \text{ A} - I_{MPP} = 17,58 \times 211 = 3'709,38A$$

E) Verifica di coordinamento → l'inverter: tensione isolamento e range MPP, corrente ingresso per canale e totale

$$V_{IS} = 1'500V \geq 1'462,8V - V_{MPP} = 1'462,8V \text{ incluso nel Range MPP (891...1'500V)}$$

$$I_{FUSE IN} = 400A > 372,2 \text{ A}$$

$$\text{Inverter} \rightarrow I_{INV MAX} = 4'590A > 3'926,71A \text{ OK } \checkmark$$

F) Verifica di coordinamento → tensione di isolamento BT

$$V_{IS} \geq 630V$$

Inverter, cavi di collegamento BT e trasformatori lato BT sono tutti con tensione di isolamento pari a 750V.

00	31-03-2022	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:

$$V_N = 630V \pm 10\% - 50/60Hz$$

Inverter → Potenza Uscita @40°C = 4'010 kVA, @50°C = 3'720kVA

$$I_{MAX} = 3'674A - \text{intervallo } \cos \varphi = 0,5_{CAP} \dots 0,5_{IND}$$

A) Verifica di coordinamento → Trasformatore MT/BT

Tensione Uscita Inverter 630V – Rapporto di trasformazione MT/BT 30'000/630 [V] **OK ✓**

Inverter → Potenza inverter 4'010kVA@40°C

Potenza trasformatore MT/BT: 4'000kVA@40°C **OK ✓**

B) Verifica di coordinamento → tensione di isolamento BT

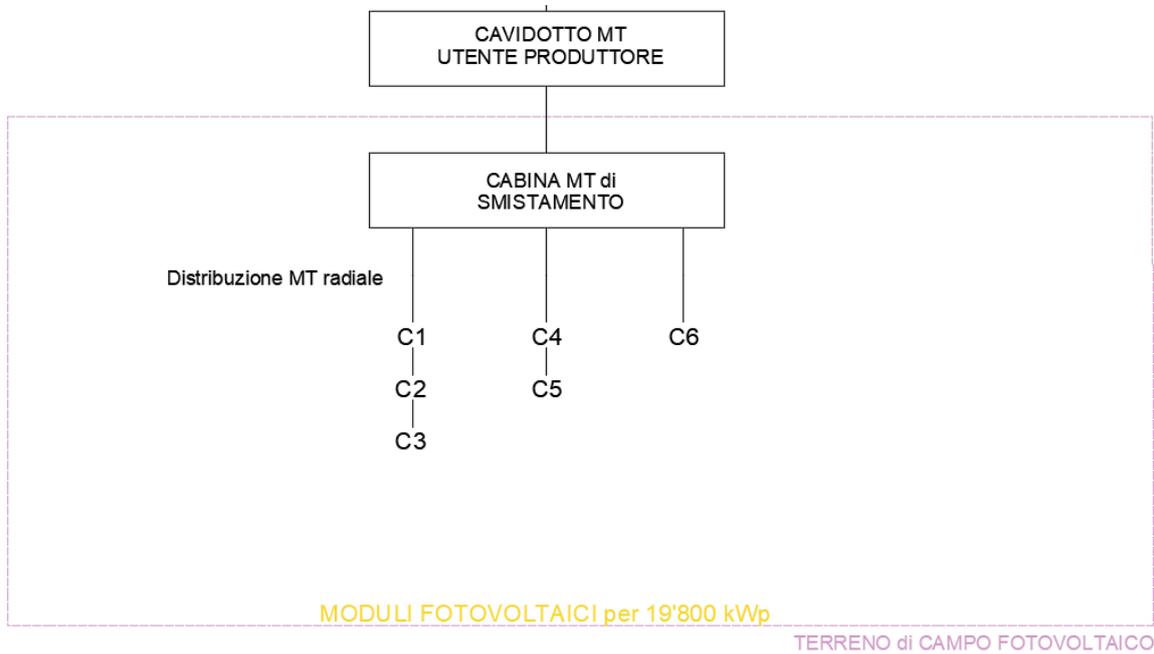
$$V_{IS BT} \geq 750V$$

Gli inverter d'impianto sono tutti con tensione di isolamento pari a 750V.

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

00	31-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Come specificato nello schema unifilare, la distribuzione MT di campo è costituita da tre 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] @30kV
C1		2,0	38,5
C2		4,0	77,1
C2		4,0	77,1
	Radiale L1	10,00	192,7
C4		4,0	77,1
C5		2,0	38,5
	Radiale L2	6,0	115,6
C6		4,0	77,1
	Radiale L3	4,0	77,1
QMT di SE		20,0	385,4

00	31-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

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

Caratteristiche e classificazione: 36kV-20kA-630A - LSC2A/PI IAC AFLR 20kA x 1s

Tensione Uscita Trasformatore 30'000V - Tensione isolamento quadro MT di Cabina 36'000V **OK** ✓

Corrente massima linee radiale massima 192,7A – Corrente nominale quadro MT di cabina 630A **OK** ✓

D) Verifica di coordinamento → corrente di linea MT

Cabina MT di Trasformazione (4000kVA) → $I_{CAB} = 77,1A$

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: 36kV-16kA-1'250A - LSC2A/PI IAC AFLR 16kA x 1s

Tensione Uscita Trasformatore 30'000V - Tensione isolamento quadro MT di Cabina 36'000V **OK** ✓

Corrente massima linee radiali 192,7A – Corrente nominale linee partenza cavo 630A **OK** ✓

Corrente generale 385,4A – Corrente interruttore generale e sbarre 6'30A **OK** ✓

Come illustrato sempre nello schema unifilare, il quadro MT di SSE sarà alimentato da 1 trasformatore AT/MT di potenza pari a 20 MVA in grado di arrivare a 25MVA in condizione di raffreddamento forzato (ONAF).

F) Verifica di coordinamento → Trasformatore AT/MT

Rapporto di trasformazione AT/MT 150/30[kV] – Rapporto di trasformazione MT/BT 30/0,63[kV] **OK** ✓

Potenza trasformatore MT/BT = 20(25) MVA – 20,00 MVA ≤ 20 (25) MVA **OK** ✓

00	31-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Come indicato, la potenza massima in immissione dell'impianto è pari a 20,00MW (codice STMG: 202100036).

La potenza installata lato DC dell'impianto è pari a 19'800 kWp, che è la potenza @STC della somma di tutti i moduli fotovoltaici. La potenza massima generabile dagli inverter è pari a 19'756,10 kVA.

H) Verifica impianto → Rapporto potenza DC / potenza AC

Potenza DC = a 19'800 kWp – Potenza massima in immissione dell'impianto = 19,75610 MW

Rapporto potenze DC/AC = 1,00 **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.

I) Verifica impianto → Servizi di Rete (Allegato A-68)

La potenza massima generabile 19'800MVA < 20,00MW che è la potenza massima in immissione

Tenuto conto:

- della richiesta di fornire potenza reattiva in punto di connessione,
- delle perdite per arrivare al punto di generazione al punto di connessione (normalmente stimate intorno a 3-4%),
- essere in grado di fornire questi servizi elettrici al variare della tensione di rete AT da 85 a 115% di V_N,

si ritiene che il rapporto DC/AC sia corretto. **OK** 

00	31-03-2022	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 di due tipologie: cavi di stringa e cavi di SB.

4.1.1 Tensione di esercizio

In merito alla tensione, il lato 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, descritto nella relazione tecnica cavi impianto; 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	31-03-2022	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	31-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

4.1.3.1 Coordinamento Protezioni

Ogni cavo di corrente continua sarà protetto direttamente da una coppia di fusibili direttamente installati all'interno del SB, uno collegato in serie al polo positivo, uno in serie al polo negativo. I fusibili selezionati sono di taglia uguale per ogni stringa:

$$I_{FUS} = 35A - \text{tipo gPV, 1'500V}$$

Il fusibile è un organo di protezione termico, il cui valore di intervento (e conseguente apertura del circuito) dipende dal fattore di declassamento per temperatura ambiente. Dato che il fusibile è all'interno del quadro SB, installato all'estero e con grado di protezione pari a IP65, si calcola la corrente reale di intervento del fusibile pari a

$$I_{PROT} = 35A \times 0,8 = 28A$$

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 18,61A;
- I_r è la corrente di protezione, appena calcolata, pari a 28A;
- I_z è la corrente del cavo selezionato, calcolata nel precedente paragrafo, pari a 42.

Nel presente caso si ha:

$$18,61 < 28 < 42$$

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

00	31-03-2022	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 espressa in km, data dalla somma del cavo di stringa con i cavi di modulo:
 - o il cui computo è riassunto per campo nella tabella seguente:

Stringhe	L tot collegamento [km]	L media tratta [km]	L MAX [m]
1'000	~84	~0,060	~0,155

al fine della verifica del valore della caduta di tensione verrà considerato il valore di lunghezza cavi media e massima, quindi pari rispettivamente a 60 e 155m;

- o i cavi uscenti da ogni modulo hanno una lunghezza pari a 0,3m; dato che la stringa è composta da 30 moduli, i cavi dei moduli hanno lunghezza pari a 18m.

La lunghezza totale di stringa è quindi pari a 78 e 173m, ovvero 0,078 e 0,173km;

- 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:

$$\Delta v\%_{media} = \frac{2 \times 17,58 \times 0,173 \times 3,39}{1'218,6} = 1,69\%$$

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

$$\Delta v\%_{MAX} = 1,69\% < 3\%$$

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

00	31-03-2022	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 14,24A 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, calcolata nel paragrafo precedente e pari a 78m, ovvero 0,078km;
- 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:

$$\Delta P_{CC} = \frac{2 \times 3,39 \times 0,078 \times 17,58^2}{19'800} = 0,82\%$$

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

00	31-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

4.2 Cavi di SB

4.2.1 Tensione di esercizio

Il lato 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 resa (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 si muove all'interno di un intervallo 0...1'462,80V, per cui il valore di riferimento della tensione è pari a:

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

4.2.2 Corrente di esercizio

In merito alla corrente di esercizio, analogamente a quanto fatto per la corrente di stringa, in accordo con le Norme di riferimento, la corrente di dimensionamento è pari alla corrente di corto circuito a 70°C temperatura di cella (18,61A) moltiplicata per il numero di stringhe collegate al dato SB, al massimo pari a 18, avremo:

$$I_N = 20 \times 18,61 = 372,2 \text{ A}$$

Tuttavia, dato che il numero massimo di stringhe connesse ad uno SB secondo la configurazione del presente progetto definitivo non è mai superiore a 18, per il calcolo si dovrà tenere in conto che per gli SB più caricati, avremo:

$$I_N = 18 \times 18,61 = 334,98 \text{ A}$$

00	31-03-2022	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 Continua SB sono:

- direttamente interrati lungo tutto il percorso, in formazione in piano;
- all'interno di tubo corrugato per brevi tratti di raccordo (un tubo per cavi SB), in uscita dallo SB per entrare nel terreno ed in ingresso della cabina di trasformazione MT/BT.

I coefficienti sono rispettivamente:

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

(*) = 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.

Applicando al valore di corrente, l'indicazione fornita dal costruttore a seconda che sia direttamente interrata (497A) o in tubo (548A), calcoliamo la condizione peggiorativa:

Cavi Direttamente Interrati	Cavi in Tubo Corrugato (un circuito per tubo)
Portata Cavo interrato Lorda = 497A	Portata Cavo in aria Lorda = 548A
$k_{TOT} = 0,8$	$k_{TOT} = 0,7$
Portata Cavo Netta = 397,6A	Portata Cavo Netta = 383,6A

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	I_z	Verifica
334,9A	2//(1x300)	383,6	OK

00	31-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

4.2.3.1 Coordinamento Protezioni

Ogni cavo di corrente continua sarà protetto direttamente da una coppia di fusibili direttamente installati all'interno dell'inverter, uno collegato in serie al polo positivo, uno in serie al polo negativo. I fusibili selezionati sono di taglia uguale per ogni stringa:

$$I_{FUS} = 400A - 1'500V$$

Il fusibile è un organo di protezione termico, il cui valore di intervento (e conseguente apertura del circuito) dipende dal fattore di declassamento per temperatura ambiente. Dato che il fusibile è all'interno dell'inverter, installato all'esterno e con grado di protezione pari a IP54, si calcola la corrente reale di intervento del fusibile pari a

$$I_{PROT} = 400A \times 0,875 = 350A$$

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 334,9 A;
- I_r è la corrente di protezione, appena calcolata, pari a 350 A;
- I_z è la corrente del cavo selezionato, calcolata nel precedente paragrafo, pari a 383,6 A.

Nel presente caso si ha:

$$334,9 < 350 < 383,6$$

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

00	31-03-2022	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 2;
- I_e è la corrente del singolo SB, da determinare come multiplo della corrente di stringa (pari a 17,58 A), in base al numero di stringhe collegate (max 334,98 A)
- L è la lunghezza del tratto di stringa espressa in km, computata per ogni singolo SB;
- r è la resistenza specifica del conduttore, in accordo con data sheet pari a 0,1 Ω /km @20°C che riportati a 60°C diventa pari a 0,116 Ω /km;
- V_e è la tensione di esercizio dello SB, che come spiegato è variabile durante l'esercizio; si considera il valore di MPP, quindi pari a $V_{MPP} = 1'218,6V$.

Si consideri che:

- la lunghezza media della connessione è pari a 143m;
- la lunghezza più corta della connessione è pari a 25m;
- la lunghezza più lunga della connessione è pari a 340m.

Dal risultato del calcolo della caduta di tensione si ottiene una media pari a:

$$\Delta V\%_{\max} = 2,16\% < 3\%$$

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

00	31-03-2022	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 $18 \times 18,61 = 334,98$ A 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 2 nelle linee in Corrente Continua;
- r è la resistenza specifica del conduttore, in accordo con data sheet pari a 0,116 Ω /km;
- L è la lunghezza del tratto di stringa espressa in km, computata per ogni singolo SB;
- I_e è la corrente del singolo SB, da determinare come multiplo della corrente di stringa (pari a 17,58 A), in base al numero di stringhe collegate;
- P_N è la potenza trasmessa dallo SB, quindi pari alla potenza di picco della stringa per il numero di stringhe collegato all'SB, quindi variabile SB per SB.

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

$$\Delta P_{CC} = 0,93\%$$

Nel calcolo delle perdite si potrà quindi considerare in via cautelativa un valore medio di perdite collegamenti CC derivanti dall'SB pari a 1%.

00	31-03-2022	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 30'000V.

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:

$$V_e = 30'000 \text{ V, con intervallo funzionamento su rete MT pari a } 95\% \dots 108\% V_e$$

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 °K x 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	31-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Si determina ora la condizione peggiorativa prendendo ad esempio il cavo da 120mm², 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 = 306A	Portata Cavo in aria Lorda = 345A
$k_{TOT} = 0,76$	$k_{TOT} = 0,66$
Portata Cavo Netta = 232,56A	Portata Cavo Netta = 227,7A

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]	Ilorda [A]	ktot	Iz [A]	Iz>In
CS	SE	10,26	AI - ARP1H5(AR)EX	3//[2x(1x300)]	19756	380,7	972,0	0,80	777,6	OK
CS	C1	0,05	AI - ARP1H5EX	3//(1x185)	10000	192,7	385,0	0,66	254,1	OK
C1	C2	0,24	AI - ARP1H5EX	3//(1x120)	8000	154,1	303,0	0,66	200,0	OK
C2	C3	0,32	AI - ARP1H5EX	3//(1x70)	4000	77,1	221,0	0,66	145,9	OK
CS	C4	0,99	AI - ARP1H5EX	3//(1x120)	6000	115,6	303,0	0,66	200,0	OK
C4	C5	0,36	AI - ARP1H5EX	3//(1x70)	2000	38,5	221,0	0,66	145,9	OK
CS	C6	0,73	AI - ARP1H5EX	3//(1x70)	4000	77,1	221,0	0,66	145,9	OK

00	31-03-2022	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	10,26	AI - ARP1H5(AR)EX	3//[2x(1x300)]	19756	380,7	< 418,7	< 777,6	OK
CS	C1	0,05	AI - ARP1H5EX	3//(1x185)	10000	192,7	< 211,9	< 254,1	OK
C1	C2	0,24	AI - ARP1H5EX	3//(1x120)	8000	154,1	< 169,6	< 200,0	OK
C2	C3	0,32	AI - ARP1H5EX	3//(1x70)	4000	77,1	< 84,8	< 145,9	OK
CS	C4	0,99	AI - ARP1H5EX	3//(1x120)	6000	115,6	< 127,2	< 200,0	OK
C4	C5	0,36	AI - ARP1H5EX	3//(1x70)	2000	38,5	< 42,4	< 145,9	OK
CS	C6	0,73	AI - ARP1H5EX	3//(1x70)	4000	77,1	< 84,8	< 145,9	OK

00	31-03-2022	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 30'000V.

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 [km]	Tipologia Cavo	Configurazione cavo	Pn [kW]	In [A]	r [Ω/km]	x [Ω/km]	Δv_x [V]	ΔV_{tot} [V]	Δv_{tot} [%]	Verifica
CS	SE	10,26	AI - ARP1H5(AR)EX	3//[2x(1x300)]	19756	190,3	0,136	0,11	506,877	506,877	1,690%	OK
CS	C1	0,05	AI - ARP1H5EX	3//(1x185)	10000	192,7	0,218	0,12	3,877	50,616	0,169%	OK
C1	C2	0,24	AI - ARP1H5EX	3//(1x120)	8000	154,1	0,333	0,13	21,800			
C2	C3	0,32	AI - ARP1H5EX	3//(1x70)	4000	77,1	0,58	0,14	24,940			
CS	C4	0,99	AI - ARP1H5EX	3//(1x120)	6000	115,6	0,333	0,13	68,878	82,932	0,276%	OK
C4	C5	0,36	AI - ARP1H5EX	3//(1x70)	2000	38,5	0,58	0,14	14,053			
CS	C6	0,73	AI - ARP1H5EX	3//(1x70)	4000	77,1	0,58	0,14	57,401	57,401	0,191%	OK

00	31-03-2022	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//(1x95) 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	31-03-2022	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	10,26	AI - ARP1H5(AR)EX	3//[2x(1x300)]	19756	190,3	0,136	151639	151639	0,768%
CS	C1	0,05	AI - ARP1H5EX	3//(1x185)	10000	192,7	0,218	1214	10048	0,10%
C1	C2	0,24	AI - ARP1H5EX	3//(1x120)	8000	154,1	0,333	5578		
C2	C3	0,32	AI - ARP1H5EX	3//(1x70)	4000	77,1	0,58	3256		
CS	C4	0,99	AI - ARP1H5EX	3//(1x120)	6000	115,6	0,333	13218	14135	0,24%
C4	C5	0,36	AI - ARP1H5EX	3//(1x70)	2000	38,5	0,58	917		
CS	C6	0,73	AI - ARP1H5EX	3//(1x70)	4000	77,1	0,58	7493	7493	0,19%

Il valore di perdite medie cavi MT è pari a 1,49% @STC, valore ritenuto accettabile. OK ✓

Nel calcolo della producibilità, il valore delle perdite dei cavi MT sarà cautelativamente computato pari a 1,5% @STC.

00	31-03-2022	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	31-03-2022	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	Acc. to EN 50618, Table 2: • 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. PRYSMIAN internal test: • Multiple Cable Flame Test per EN 50305-9; • Low Toxicity per EN 50305 (ITC < 3).
Resistance to oil	PRYSMIAN internal test, on sheath: • 24h, 100°C (meets VDE 0473-811-404, EN 60811-404).
Weather resistance	Acc. to EN 50618, Annex E and Table 2: • 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). PRYSMIAN internal test: • Water Absorption (Gravimetric) per DIN EN 60811-402.
Acid and alkaline resistance	Acc. to EN 50618, Annex B: • 7 days, 23°C (N-Oxalic Acid, N-Sodium Hydroxide) acc. to EN 60811-404.
Ammonia Resistance	PRYSMIAN Internal Testing: • 30 days in Saturated Ammonia Atmosphere.
Environmentally Friendly	TECSUN(PV) cables comply with the RoHS directive 2011/65/EU of the European Union.

Thermal parameters

Max. operating temperature of the conductor	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.
Max. short circuit temperature of the conductor	250 °C (5 s.)
Ambient temperature (for fixed and flexible installation)	Installation and handling: -25°C up to 60°C In operation: -40°C up to +90°C
Resistance to cold	Acc. to EN 50618, Table 2: • 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	Acc. to EN 50618, Table 2: • 1.000h at 90°C and 85% humidity (test acc. to EN 60068-2-78).

Mechanical parameters

Max. tensile load	15 N/mm ² in operation, 50 N/mm ² during installation
Min. bending radius	Acc. to EN 50565-1
Abrasion resistance	PRYSMIAN Internal Testing: • Acc. to DIN ISO 4649 against abrasive paper; • Sheath against sheath; • Sheath against metal; • Sheath against plastics.
Shrinkage Test	Acc. to EN 50618, Table 2: • Maximum Shrinkage <2% (test acc. to EN 60811-503).
Pressure Test at High Temperature	PRYSMIAN Internal Testing: • <50% acc. to EN 60811-508.
Dynamic Penetration Test	Acc. to EN 50618, Annex D: • Meets requirements of EN 50618.
Shore-Hardness	PRYSMIAN Internal Testing: • Type A: 85 acc. to DIN EN ISO 868
Durability of Print	Acc. to EN 50618: • Test acc. to EN 50396.
Rodent resistance	Safety can be optimized by utilizing protective hoses, or protective element, such as a metallic screen braid.

00	31-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione



Number of cores x cross section	Colour	Part number	Conductor diameter max. mm	Outer diameter min. mm	Outer diameter max. mm	Bending radius fixed min. mm	Weight (approx.) kg/km	Permissible tensile force max. N	Conductor resistance at 20°C max. Ω/km	Current carrying capacity for single cable free in air (60°C ambient temp.) A	Current carrying capacity for single cable on a surface (60°C ambient temp.) A	Short Circuit Current (1s. from 90°C to 250°C) kA
1x1,5	black	20154830	1.6	4.4	5	15	35	23	13.7	30	29	0.21
1x2,5	black	20154650	1.9	4.8	5.4	17	46	38	8.21	41	39	0.36
1x2,5	red	20167176	1.9	4.8	5.4	17	46	38	8.21	41	39	0.36
1x2,5	blue	20167177	1.9	4.8	5.4	17	46	38	8.21	41	39	0.36
1x4	black	20149014	2.4	5.3	5.9	18	61	60	5.09	55	52	0.57
1x4	red	20165491	2.4	5.3	5.9	18	61	60	5.09	55	52	0.57
1x4	blue	20165492	2.4	5.3	5.9	18	61	60	5.09	55	52	0.57
1x6	black	20149015	2.9	5.8	6.4	20	80	90	3.39	70	67	0.86
1x6	red	20165493	2.9	5.8	6.4	20	80	90	3.39	70	67	0.86
1x6	blue	20165494	2.9	5.8	6.4	20	80	90	3.39	70	67	0.86
1x10	black	20149016	4	7	7.6	23	122	150	1.95	98	93	1.43
1x10	red	20165495	4	7	7.6	23	122	150	1.95	98	93	1.43
1x10	blue	20165496	4	7	7.6	23	122	150	1.95	98	93	1.43
1x16	black	20154857	5.6	9	9.8	30	200	240	1.24	132	125	2.29
1x16	red	20167178	5.6	9	9.8	30	200	240	1.24	132	125	2.29
1x16	blue	20167179	5.6	9	9.8	30	200	240	1.24	132	125	2.29
1x25	black	20154858	6.4	10.3	11.2	34	290	375	0.795	176	167	3.58
1x35	black	20154859	7.5	11.7	12.5	50	400	525	0.565	218	207	5.01
1x50	black	20154860	9	13.5	14.5	58	560	750	0.393	276	262	7.15
1x70	black	20156711	10.8	15.5	16.5	66	750	1050	0.277	347	330	10.01
1x95	black	20156712	12.6	17.7	18.7	75	970	1425	0.21	416	395	13.59
1x120	black	20156713	14.2	19.2	20.4	82	1220	1800	0.164	488	464	17.16
1x150	black	20156714	15.8	21.4	22.6	91	1500	2250	0.132	566	538	21.45
1x185	black	20153870	17.4	23.7	25.1	101	1840	2775	0.108	644	612	26.46
1x240	black	20157001	20.4	27.1	28.5	114	2400	3600	0.082	775	736	34.32
TECSUN(PV) (C) H1Z2Z2-K												
1x4 (C)	black		2.4	6	6.6	26.4	90		5.09	55	52	0.57
1x6 (C)	black		2.9	6.5	7.1	28.4	110		3.39	70	67	0.86

Standard delivery length is 500mt. Other lengths are available on request.
All cross sections are also available in red and blue colors.

00	31-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Appendice 2 – Cavi CC-BT (String Box)



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,



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.

<i>Tensione nominale U0</i>	600V(AC) 1800V(DC)	<i>Nominal voltage U0</i>
<i>Tensione nominale U</i>	1000V(AC) 1800V(DC)	<i>Nominal voltage U</i>
<i>Tensione di prova</i>	4000 V	<i>Test voltage</i>
<i>Tensione massima Um</i>	1200V(AC) 1800V(DC)	<i>Maximun voltage Um</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>

Condizioni di impiego piu 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'obbiettivo 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):
6D
Sforzo massimo di tiro:
50 N/mmq

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 bulginings, 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):
6D
Maximum pulling stress:
50 N/mmq

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 lenght

00	31-03-2022	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	31-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Appendice 3 – Cavi MT

MEDIA TENSIONE - APPLICAZIONI TERRESTRI E/O EOLICHE / MEDIUM VOLTAGE - GROUND AND/OR WIND FARM APPLICATION

ARP1H5EX *P-Laser*



Elica visibile 12/20 kV e 18/30 kV
Triplex 12/20 kV and 18/30 kV

Norma di riferimento
HD 620/IEC 60502-2

Descrizione del cavo

Anima

Conduttore a corda rotonda compatta di alluminio

Semiconduttivo interno

Miscela estrusa

Isolante

Miscela in elastomero termoplastico (qualità HPTE)

Semiconduttivo esterno

Miscela estrusa

Rivestimento protettivo

Nastro semiconduttore igroespandente

Schematura

Nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale
(Rmax 3Ω/Km)

Guaina

Polietilene: colore rosso (qualità DMP 2)

Marcatura

PRYSMIAN (**) ARP1H5EX <tensione> <sezione>
<fase 1/2/3> <anno>

(**) sigla sito produttivo

Marcatura in rilievo ogni metro

Marcatura metrica ad inchiostro

Applicazioni

Temperatura di sovraccarico massima 140°C

Coefficiente K per temperature di corto circuito di 300°C: K = 100

N.B. Il cavo rispetta le prescrizioni della norma HD 620 per quanto riguarda l'isolante, per tutte le altre caratteristiche rispetta le prescrizioni della IEC 60502-2.

Accessori idonei

Terminali

ELTI-1C (pag. 115), ELTO-1C (pag. 118), FMCS 250 (pag. 128),

FMCE (pag. 130), FMCTS-400 (pag. 132),

FMCTS-650/C (pag. 136)

Giunti

ECOSPEED™ (pag. 140)

Standard

HD 620/IEC 60502-2

Cable design

Core

Compact stranded aluminium conductor

Inner semi-conducting layer

Extruded compound

Insulation

Thermoplastic elastomer compound (type HPTE)

Outer semi-conducting layer

Extruded compound

Protective layer

Semiconductive watertight tape

Screen

Aluminium tape longitudinally applied
(Rmax 3Ω/Km)

Sheath

Polyethylene: red colour (DMP 2 type)

Marking

PRYSMIAN (**) ARP1H5EX <rated voltage> <cross-section>
<phase 1/2/3> <year>

(**) production site label

Embossed marking each meter

Ink-jet meter marking

Applications

Overload maximum temperature 140°C

K coefficient for short-circuit temperatures at 300°C: K = 100

N.B. According to HD 620 standard for insulation, and the IEC 60502-2 for the other characteristics.

Suitable accessories

Terminations

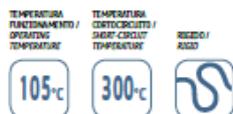
ELTI-1C (pag. 115), ELTO-1C (pag. 118), FMCS 250 (pag. 128),

FMCE (pag. 130), FMCTS-400 (pag. 132),

FMCTS-650/C (pag. 136)

Joints

ECOSPEED™ (pag. 140)



Condizioni di posa / Laying conditions



00	31-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

MEDIA TENSIONE - APPLICAZIONI TERRESTRI E/O EOLICHE / MEDIUM VOLTAGE - GROUND AND/OR WIND FARM APPLICATION

ARP1H5EX *P-Laser*

Elica visibile 12/20 kV e 18/30 kV
Triplex 12/20 kV and 18/30 kV

Conduttore di alluminio / Aluminium conductor - ARP1H5EX

sezione nominale	diametro conduttore	diametro sull'isolante	diametro esterno nominale	massa indicativa del cavo	raggio minimo di curvatura
conductor cross-section	conductor diameter	diameter over insulation	nominal outer diameter	approximate weight	minimum bending radius
(mm ²)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)

sezione nominale	portata di corrente in aria	posa interrata a trifoglio	
conductor cross-section	open air installation	p=1 °C m/W	p=2 °C m/W
(mm ²)	(A)	(A)	(A)

Dati costruttivi / Construction charact. - 12/20 kV

50	8,2	18,0	25	1550	530
70	9,7	19,1	26	1780	550
95	11,4	20,6	28	2160	590
120	12,9	22,1	29	2410	610
150	14,0	23,4	31	2720	660
185	15,8	25,6	33	3200	700
240	18,2	27,8	35	3950	740
300	20,8	31,0	39	4600	820

Caratt. elettriche / Electrical charact. - 12/20 kV

50	196	182	140
70	244	224	172
95	298	268	206
120	345	306	235
150	390	341	262
185	451	387	297
240	536	450	346
300	620	509	391

Dati costruttivi / Construction charact. - 18/30 kV

50	8,2	24,8	32	2400	680
70	9,7	25,1	32	2560	680
95	11,4	26,0	33	2810	700
120	12,9	26,9	34	3070	720
150	14,0	27,6	35	3340	740
185	15,8	29,0	37	3750	780
240	18,2	31,4	39	4460	820
300	20,8	34,6	43	5290	910

Caratt. elettriche / Electrical charact. - 18/30 kV

50	197	180	138
70	246	221	170
95	299	265	203
120	346	303	233
150	391	339	260
185	451	385	296
240	534	447	343
300	618	506	389

00	31-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

MEDIA TENSIONE - APPLICAZIONI TERRESTRI E/O EOLICHE / MEDIUM VOLTAGE - GROUND AND/OR WIND FARM APPLICATION

ARP1H5(AR)EX *P-Laser* **AIR BAG™**
CABLE SYSTEM



Elica visibile 12/20 kV e 18/30 kV
Triplex 12/20 kV and 18/30 kV

Norma di riferimento
HD 620/IEC 60502-2

Descrizione del cavo

Anima
Conduttore a corda rotonda compatta di alluminio
Semiconduttivo interno
Mescola estrusa
Isolante
Mescola in elastomero termoplastico (qualità HPTE)
Semiconduttivo esterno
Mescola estrusa
Rivestimento protettivo
Nastro semiconduttore igroespandente
Schermatura
Nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale
(Rmax 3Ω/Km)
Protezione meccanica
Materiale Polimerico (Air Bag)
Guaina
Polietilene: colore rosso (qualità DMP 2)
Marcatura
PRYSMIAN (**) ARP1H5(AR)EX <tensione>
<sezione> <fase 1/2/3> <anno>

(**) sigla sito produttivo

Marcatura in rilievo ogni metro
Marcatura metrica ad inchiostro

Applicazioni

Temperatura di sovraccarico massima 140°C
Coefficiente K per temperature di corto circuito di 300°C: K = 100
N.B. Il cavo rispetta le prescrizioni della norma HD 620 per quanto riguarda l'isolante, per tutte le altre caratteristiche rispetta le prescrizioni della IEC 60502-2.

Accessori idonei

Terminali
ELTI-1C (pag. 115), ELTO-1C (pag. 118), FMCS 250 (pag. 128),
FMCE (pag. 130), FMCTS-400 (pag. 132),
FMCTXS-630/C (pag. 136)
Giunti
ECOSPEED™ (pag. 140)

Standard
HD 620/IEC 60502-2

Cable design

Core
Compact stranded aluminium conductor
Inner semi-conducting layer
Extruded compound
Insulation
Thermoplastic elastomer compound (type HPTE)
Outer semi-conducting layer
Extruded compound
Protective Layer
Semiconductive watertight tape
Screen
Aluminium tape longitudinally applied
(Rmax 3Ω/Km)
Mechanical protection
Polymeric material (Air Bag)
Sheath
Polyethylene: red colour (DMP 2 type)
Marking
PRYSMIAN (**) ARP1H5(AR)EX <rated voltage>
<cross-section> <phase 1/2/3> <year>

(**) production site label

Embossed marking each meter
Ink-jet meter marking

Applications

Overload maximum temperature 140°C
K coefficient for short-circuit temperatures at 300°C: K = 100
N.B. According to HD 620 standard for insulation, and the IEC 60502-2 for the other characteristics.

Suitable accessories

Terminations
ELTI-1C (pag. 115), ELTO-1C (pag. 118), FMCS 250 (pag. 128),
FMCE (pag. 130), FMCTS-400 (pag. 132),
FMCTXS-630/C (pag. 136)
Joints
ECOSPEED™ (pag. 140)



Condizioni di posa / Laying conditions



00	31-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

MEDIA TENSIONE - APPLICAZIONI TERRESTRI E/O EOLICHE / MEDIUM VOLTAGE - GROUND AND/OR WIND FARM APPLICATION

ARP1H5(AR)EX *P-Laser* **AIR BAG™**
CABLE SYSTEM

Elica visibile 12/20 kV e 18/30 kV
Triplex 12/20 kV and 18/30 kV

Conduttore di alluminio / Aluminium conductor - ARP1H5(AR)EX

sezione nominale	diámetro conduttore	diámetro sull'isolante	diámetro esterno nominale	peso del cavo	raggio minimo di curvatura	sezione nominale	posa in aria	posa interrata p=1 °C m/W	posa interrata p=2 °C m/W
conductor cross-section	conductor diameter	diameter over insulation	nominal outer diameter	weight	minimum bending radius	conductor cross-section	open air installation	underground installation p=1 °C m/W	underground installation p=2 °C m/W
(mm²)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)	(mm²)	(A)	(A)	(A)

Dati costruttivi / Construction charact. - 12/20 kV

50	8,2	18,0	31	2150	660
70	9,7	19,1	32	2420	680
95	11,4	20,6	34	2760	720
120	12,9	22,1	35	3190	740
150	14,0	23,4	37	3460	780
185	15,8	25,6	39	3990	820
240	18,2	27,8	41	4700	870
300	20,8	31,0	45	5520	950

Caratt. elettriche / Electrical charact. - 12/20 kV

50	193	173	133
70	240	213	163
95	292	255	196
120	338	291	223
150	381	325	250
185	439	369	283
240	520	430	330
300	601	487	374

Dati costruttivi / Construction charact. - 18/30 kV

50	8,2	24,8	38	3180	800
70	9,7	25,1	38	3340	800
95	11,4	26,0	39	3610	820
120	12,9	26,9	40	3900	840
150	14,0	27,6	41	4180	870
185	15,8	29,0	42	4620	890
240	18,2	31,4	45	5380	950
300	20,8	34,6	49	6500	1030

Caratt. elettriche / Electrical charact. - 18/30 kV

50	194	173	133
70	240	212	163
95	293	254	195
120	338	290	223
150	382	325	250
185	439	369	283
240	519	429	325
300	599	486	373

00	31-03-2022	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione