



REGIONE PUGLIA

# REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI BRINDISI



COMUNE DI SAN PANCRAZIO SALENTINO

## AUTORIZZAZIONE UNICA EX D.Lgs 387/2003 VALUTAZIONE IMPATTO AMBIENTALE EX. ART. 23 D.Lgs 152/2006

**INSTALLAZIONE DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA DA  
FONTE SOLARE DENOMINATO "FATTORIA SOLARE SANTINO" DI  
POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 5.999,00 kW E POTENZA DI PICCO  
PARI A 10.064,99 kW**

Codice di rintracciabilità: 242111521 - POD: IT001E752928550 - Id AU: 82SHKJ7



Codice identificativo elaborato:

**82SHKJ7\_CalcoliPrelImpianti**

DATA

Gennaio 2022

Titolo elaborato

**R09.2\_Relazione sugli impianti**

SCALA

-

### REVISIONI

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO

Progettazione:



**STUDIO ENERGY SRL**  
Via delle Comunicazioni snc  
75100 Matera  
C/F. e P.IVA 01175590775

Tecnici:

**Dott. Ing. Calbi Francesco Rocco**



Il Proponente:

**REN 172 SRL**

REN 172 S.R.L.  
Salita Santa Caterina 2/1- 16123 Genova (GE)  
C.F./P.IVA 02644690998

LEGALE RAPPRESENTANTE



**Impianto fotovoltaico P = 10,06499 MW<sub>p</sub>**  
**“FATTORIA SOLARE SANTINO”**  
**Comune di San Pancrazio Salentino (BR)**

**RELAZIONE TECNICA IMPIANTI ELETTRICI**

Fase di Valutazione d’Impatto Ambientale. ai sensi

D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii

**REDATTO DA / WRITTEN BY**

ING. FRANCESCO CALBI

<b>REVISIONE</b>	<b>N°</b>	<b>DATA/DATE</b>
Prima emissione	00	Gennaio 2022

## Indice

Indice .....	2
1. PREMESSA.....	3
2. CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO E DELL'AREA DI INTERVENTO .....	3
2.1 UBICAZIONE DELL'INTERVENTO .....	3
2.2 CARATTERISTICHE MODULI FV .....	4
3. ARCHITETTURA ELETTRICA DELL'IMPIANTO.....	5
4. GRUPPI DI CONVERSIONE.....	8
4.1 INVERTER .....	8
4.2 CABINE DI CAMPO/TRASFORMAZIONE .....	9
5. CABINA DI CONSEGNA.....	10
5.1 CABINA UTENTE.....	10
5.2 CABINA DI CONSEGNA.....	10
6. COLLEGAMENTO IN CAVO MT.....	11
6.1 DIMENSIONAMENTO CAVI A 20kV .....	11
6.2 DIMENSIONAMENTO CAVI A 0,8 kV .....	15
7. RETE DI TERRA DELL'IMPIANTO E DELLE CABINE ELETTRICHE .....	19
8. ESERCIZIO DELL'IMPIANTO .....	19
9. MISURE E SISTEMI DI TRASMISSIONE.....	19

## 1. PREMESSA

La presente relazione ha lo scopo di illustrare gli aspetti tecnici legati alla progettazione di un impianto di produzione di energia da fonte solare rinnovabile avente potenza nominale in immissione pari a 5.999,00 kW e potenza di picco installata pari a 10.064,99 kWp, unitamente a tutte le opere di connessione alla Rete di Distribuzione, ossia cavidotto MT di collegamento alla CP "San Pancrazio Salentino" a 20 kV, in parte interrato Al 3x1x185 mmq (circa 90 m), in parte aereo Al 3x150 +1x50 mmq (circa 1 km), nonché delle opere accessorie (strade, recinzioni, cabine elettriche) all'interno delle aree in cui è realizzato l'impianto. In particolare si farà riferimento alle opere Impiantistiche elettriche.

## 2. CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO E DELL'AREA DI INTERVENTO

### 2.1 UBICAZIONE DELL'INTERVENTO

L'impianto fotovoltaico propriamente detto è ubicato a Sud-Ovest del comune di San Pancrazio Salentino (BR), su Strada Provinciale n.65 e dista circa Km 1,0 dal centro del medesimo comune. Il sito su cui sorgerà l'impianto è individuato alle coordinate geografiche: 40°24'45.44"N, 17°49'36.94"E ed ha un'altitudine media di circa 56 m s.l.m. (Figura 1).

Esso è raggiungibile percorrendo la SP n.65 sulla quale sono ubicati gli accessi del campo fotovoltaico. L'impianto FV sarà realizzato su terreni identificati catastalmente al foglio 42 p.lle 82, 389, 399, 400, 401, 402, 403, 405, 84, 83, 406, 390, 391 e 1947 dalla forma irregolare, di cui l'area di occupazione effettiva dell'impianto è pari a circa 11 ha. La cabina di consegna sarà ubicata al di fuori dell'area di impianto e in prossimità dell'accesso alla stessa, che avverrà dalla strada comunale e proseguirà su stradina poderale esistente.

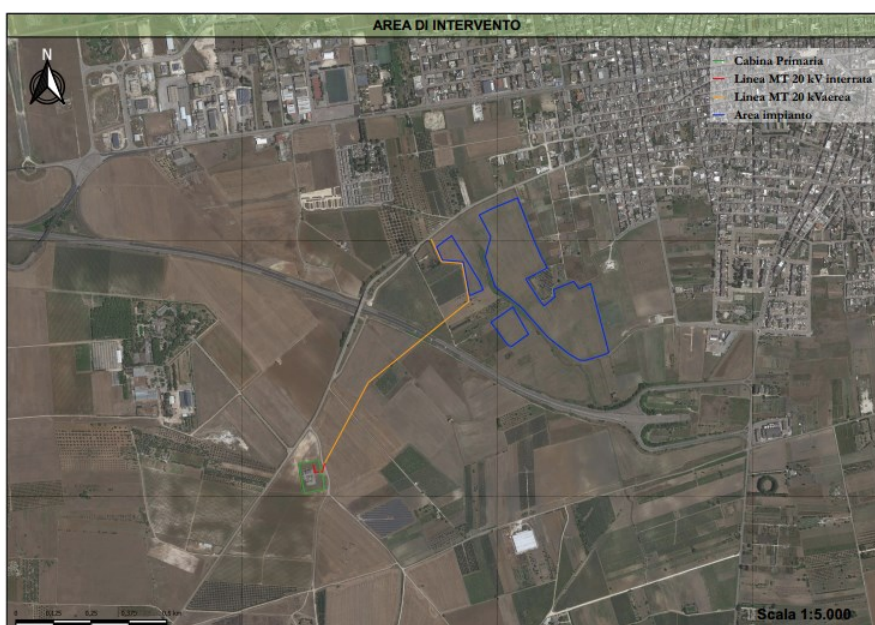


Figura 1 – Area di intervento

## 2.2 CARATTERISTICHE MODULI FV

Premettendo che i moduli verranno acquistati in funzione della disponibilità e del costo di mercato in sede di realizzazione, ai fini del dimensionamento di massima del generatore fotovoltaico si è scelto di utilizzare moduli in silicio monocristallino di potenza pari a 695 Wp, ognuno costituito da 132 celle in silicio monocristallino collegate in serie/parallelo, le cui caratteristiche elettriche, misurate in condizioni standard STC (AM=1,5; E=1000 W/m<sup>2</sup>; T=25 °C) sono di seguito riportate.

Electrical Properties		STC*				
Testing Condition	Front Side	Front Side	Front Side	Front Side	Front Side	Front Side
Peak Power (Pmax) (W)	670	675	680	685	690	695
MPP Voltage (Vmp) (V)	38.4	38.6	38.8	39.0	39.2	39.4
MPP Current (Imp) (A)	17.46	17.50	17.54	17.58	17.62	17.67
Open Circuit Voltage (Voc) (V)	46.0	46.2	46.4	46.6	46.8	47.0
Short Circuit Current (Isc) (A)	18.52	18.57	18.62	18.67	18.72	18.76
Module Efficiency (%)	21.57	21.73	21.89	22.05	22.21	22.37

\*STC: Irradiance 1000 W/m<sup>2</sup>, Cell Temperature 25°C, AM1.5

The data above is for reference only and the actual data is in accordance with the practical testing

Essi saranno montati su inseguitori monoassiali (tracker) in file parallele, orientati secondo l'asse nord-ovest/sud-est. I tracker saranno di 3 tipi, da 26, 52 e 78 moduli in configurazione 1 portrait.

### 3. ARCHITETTURA ELETTRICA DELL'IMPIANTO

Il generatore fotovoltaico è costituito da stringhe costituite da 26 moduli collegati in serie. La tensione di stringa è data dalla somma delle tensioni a vuoto dei singoli moduli, mentre la corrente di stringa coincide con la corrente del singolo modulo. Le caratteristiche elettriche sono riportate di seguito:

Moduli per stringa	$U_{oc}$ [V]	$I_{max}$ [A]	Tensione stringa	Corrente di stringa
26	47	17,67	1222	17,67

Di seguito si evidenzia il numero di stringhe per ogni tipologia di tracker.

	Potenza modulo (Wp)	N° moduli	N° stringhe
Tracker da 26	695	26	1
Tracker da 52	695	52	2
Tracker da 78	695	78	3

L'energia prodotta dalle stringhe viene raccolta dai 34 inverter di stringa della potenza di 175 kW, ai quali afferiscono un massimo di 17 stringhe. Ciascun inverter ha una massima tensione di ingresso pari a 1500 V maggiore della tensione massima di stringa pari a 1222 V. L'inverter effettua la conversione della corrente continua in corrente alternata a 800 V trifase con frequenza di 50 Hz.

Gli inverter saranno installati in prossimità dei moduli, in corrispondenza dei tracker da 26 moduli (13/17 stringhe).

L'energia proveniente dagli inverter sarà quindi raccolta in n. 4 cabine elettriche di trasformazione MT/BT dove avverrà un ulteriore innalzamento di tensione, tramite un trasformatore 0,8/20 kV. In ciascuna cabina sarà installato un trasformatore MT/BT della potenza di 2000 kVA. Dalle cabine di campo l'energia sarà trasmessa in MT a 20 kV in cavo alla cabina di consegna, ubicata nell'angolo nord-ovest dell'area in disponibilità e su cui sorgerà l'impianto. Da qui l'energia prodotta sarà raccolta e convogliata tramite una linea a 20 kV del distributore (e-distribuzione) in parte in cavo interrato per 90 m e in parte in cavo aereo su sostegni tubolari in ferro per 1 km sino alla Cabina Primaria del distributore "San Pancrazio Salentino" per l'immissione in rete.

Il campo fotovoltaico è suddiviso in n. 4 sottocampi, corrispondenti alle 4 cabine di campo/trasformazione articolati come di seguito:



	<b>Cabina campo 1</b>	<b>Cabina campo 2</b>	<b>Cabina campo 3</b>	<b>Cabina campo 4</b>
<b>N° inverter</b>	9	7	9	9
<b>N° stringhe da 26 moduli per inverter</b>	8x17+1x14	3x17+1x16+2x14+1x13	9x17	6x17+2x15+1x14
<b>N° moduli (da 695 Wp)</b>	3.900	2.808	3.978	3.796
<b>Potenza sottocampo (kW)</b>	<b>2.710,50</b>	<b>1.951,56</b>	<b>2.764,71</b>	<b>2.638,22</b>

Le 4 cabine di campo saranno collegate in serie, con una configurazione elettrica in “entra-esci”, con cavo interrato in alluminio della sezione di 120 mmq, sino alla cabina di consegna, per una lunghezza totale di 650 m. Si formeranno così quattro “sotto-campi”, ciascuno costituito dall’insieme di moduli afferenti ad una stessa Cabina di Campo secondo la tabella precedente e lo schema riportato sotto e nell’elaborato grafico dello schema unifilare (82SHKJ7\_ElaboratoGrafico\_0\_06). L’energia raccolta dai sotto-campi sarà quindi convogliata, tramite una linea a 20 kV in cavo interrato, verso la Cabina di Consegna.

In sintesi i principali componenti dell’impianto sono:

- 14.482 moduli fotovoltaici installati su strutture di sostegno in acciaio di tipo mobile (inseguitori) con relativi motori elettrici per la movimentazione, ancorate al suolo tramite paletti in acciaio direttamente infissi nel terreno del tipo SUN HUNTER 18AB della Comal;
- 557 stringhe fotovoltaiche costituite da 26 moduli in serie;
- 34 inverter multistringa posizionati in prossimità degli inseguitori all’interno di appositi quadri elettrici;
- cavi elettrici di bassa tensione in corrente continua che dalle stringhe arrivano agli inverter e ai quadri elettrici BT;
- 4 trasformatori MT/BT da 2000 kVA e relative apparecchiature elettriche di comando e protezione sia in BT sia in MT, installati all’interno di appositi locali tecnici nell’area di impianto (Cabine di trasformazione/di campo);
- cavi interrati a 20kV in alluminio della sezione 3x1x120 mmq;
- cavi di bassa tensione interrati in rame della sezione da 70 mmq per il collegamento dagli inverter alle 4 cabine di campo;

- 4 quadri elettrici di bassa tensione installati all'interno delle cabine di trasformazione, ciascuno dotato di interruttori automatici di tipo magnetotermico-differenziale (dispositivi di generatore), uno per ogni gruppo di generazione, e un interruttore automatico generale di tipo magnetotermico per la protezione dell'avvolgimento di bassa tensione del trasformatore BT/MT;
- 1 locale tecnico/officina prefabbricato delle dimensioni di 6,06x2,44x2,90 m;
- 1 locale tecnico/supervisione prefabbricato delle dimensioni di 7,50x2,50x3,10 m;
- 1 cabina di consegna, con apparecchiature di protezione della linea MT in arrivo dalle cabine di campo;
- 1 linea di media tensione in cavo in parte interrato e in parte aereo dalla cabina di consegna alla Cabina Primaria "San Pancrazio Salentino" di proprietà del distributore locale; la linea in cavo interrata sarà in alluminio della sezione di 3x1x185 mmq mentre la linea in cavo aereo sarà in alluminio della sezione di 3x150+1x50 mmq;
- 1 quadro elettrico generale di media tensione.



## 4. GRUPPI DI CONVERSIONE

### 4.1 INVERTER

La conversione da corrente continua a corrente alternata a 50 Hz per la relativa immissione in rete è ottenuta da un opportuno gruppo di conversione. Quest'ultimo deve essere idoneo al trasferimento della potenza dal generatore fotovoltaico alla rete del distributore, in conformità ai requisiti normativi tecnici e di sicurezza applicabili. In particolare il gruppo deve essere rispondente alle norme su EMC e alla Direttiva Bassa Tensione (73/23/CEE e successiva modifica 93/68/CEE).

I valori della tensione e della corrente di ingresso di questa apparecchiatura devono essere compatibili con quelli del campo fotovoltaico cui è connesso, mentre i valori della tensione e della frequenza in uscita devono essere compatibili con quelli della rete del distributore alla quale viene connesso. Il convertitore deve, preferibilmente, essere basato su inverter a commutazione forzata (con tecnica PWM) ed essere in grado di operare in modo completamente automatico, inseguendo il punto di massima potenza (MPPT) del campo fotovoltaico. Tra i dati di targa deve figurare la potenza nominale dell'inverter in c.c e in c.a, nonché quella massima erogabile continuamente dal convertitore e il campo di temperatura ambiente alla quale tale potenza può essere erogata.

Gli inverter di stringa sono dotati di 12 MPP e ciò consente di ridurre i problemi causati da parziale ombreggiamento e polvere. Il prodotto senza fusibili riduce il rischio di incendio e costi di O&M. Maggior rendimento ed efficienza, l'algoritmo aggiornato oltre ad una funzione di auto apprendimento consente di tracciare il picco di potenza più elevato per una migliore produzione.

Saranno tipicamente installati "in testa" agli inseguitori. Gli inverter provvederanno alla conversione della corrente continua proveniente dalle stringhe di moduli in corrente alternata a 50 Hz, che poi sarà trasmessa, tramite apposite linee in cavo interrato, al relativo quadro BT della cabina di trasformazione. Ad ogni inverter afferiranno un massimo di 24 stringhe.

Nel caso in esame è prevista l'installazione di n° 34 inverter da 175 kW con una potenza pari a 5950 kW, ad ogni inverter afferiranno un massimo di 24 stringhe. Ogni stringa ha una potenza pari a 18,07 kWp (695 Wp x 26 moduli), per una potenza totale in ingresso lato DC di ogni inverter pari a circa 433,68 kW.

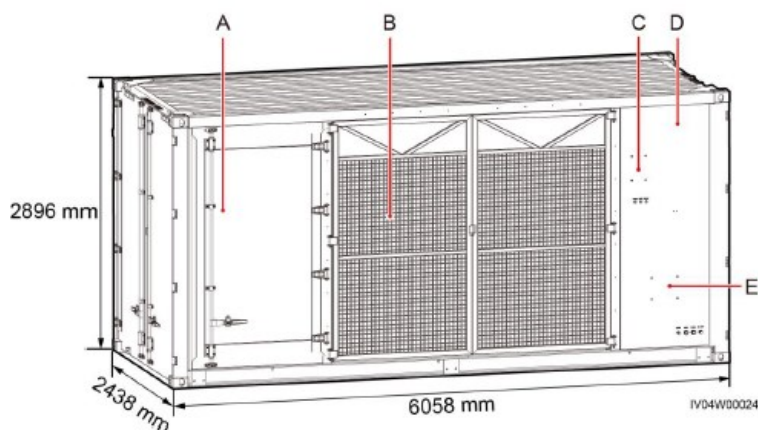
In particolare si prevedono:

- 1 inverter a cui afferiranno 13 stringhe =  $18,07 * 13 = 234,91$  kW;
- 4 inverter a cui afferiranno 14 stringhe =  $18,07 * 14 * 4 = 1011,92$  kW;
- 2 inverter a cui afferiranno 15 stringhe =  $18,07 * 15 * 2 = 542,10$  kW;
- 1 inverter a cui afferiranno 16 stringhe =  $18,07 * 16 = 289,12$  kW;
- 26 inverter a cui afferiranno 17 stringhe =  $18,07 * 17 * 26 = 7986,94$  kW;

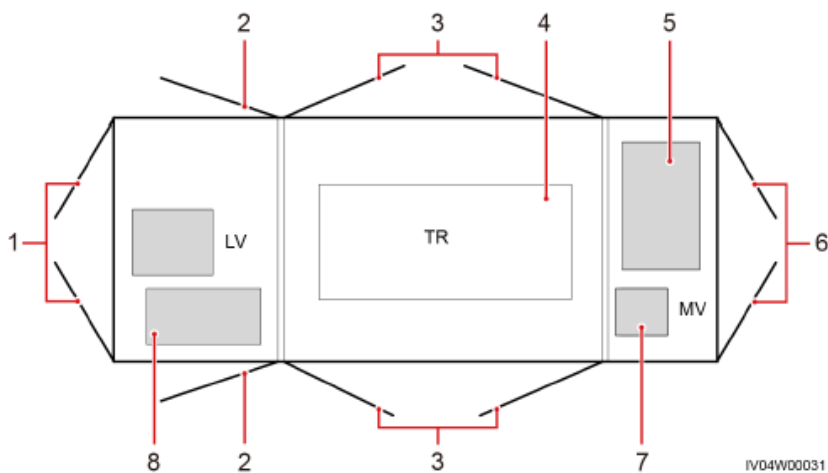
per un totale di = 10064,99 kW.

### 4.2 CABINE DI CAMPO/TRASFORMAZIONE

Le cabine di trasformazione saranno del tipo container prefabbricati in lamiera di acciaio, in container da 20 piedi, delle dimensioni di 6,06 x 2,44 x 2,896 m (L x l x h). Ciascuna cabina sarà composta da n°3 vani a contenere le apparecchiature elettriche: il quadro generale in BT, il trasformatore elevatore di tensione BT/MT, il quadro MT per l'arrivo e la partenza delle linee in cavo e gli organi di comando e protezione MT contenuti negli appositi scomparti, come rappresentato nell'immagine di seguito e nell'elaborato grafico costituente il progetto (82SHKJ7\_ElaboratoGrafico\_4\_01).



- (A) Low-voltage room (LV)
- (B) Transformer room (TR)
- (C) Installation position for the distributed power
- (D) Medium-voltage room



- (1) Low-voltage room double door
- (2) Low-voltage room single door
- (3) Transformer double-swing screen door
- (4) Transformer
- (5) Ring main unit
- (6) Medium-voltage room double door
- (7) Auxiliary transformer
- (8) Low-voltage cabinet

Le cabine come accennato, saranno a struttura prefabbricata e pertanto non necessita di fondazioni in cemento, fatta eccezione per la base di supporto della cabina stessa che sarà costituita da un magrone in cemento dello spessore di circa 20 cm.

Il posizionamento delle cabine prevede la realizzazione di uno scavo a sezione ampia della stessa profondità e lo sbancamento sarà eseguito per un'area di 1 m oltre l'ingombro massimo della cabina in tutti i lati, questo per consentire la realizzazione dell'impianto di terra esterno, che a sua volta sarà collegato all'anello perimetrale di terra dell'impianto.

Il materiale di risulta dello scavo, sarà destinato al riutilizzo o al conferimento in idonea discarica.

## **5. CABINA DI CONSEGNA**

### **5.1 CABINA UTENTE**

La cabina utente, delle dimensioni di 6,06 x 2,9 x 2,44 m (L, H, p) troveranno alloggiamento i seguenti scomparti in media tensione:

- N. 1 scomparto arrivo linea entrata cavi dal basso con sezionatore di terra (risalita cavi con involucro metallico 24 kV) per la partenza verso il vano E-Distribuzione; la protezione generale PG del tipo SEPAM S41 con protezioni 50/51, 50N/51N, 67N;
- la protezione di interfaccia PI del tipo THYTRONIC NV 10P, con protezioni 27, 59, 81S max, 81s min, 59 Vo.

### **5.2 CABINA DI CONSEGNA**

La cabina di consegna, del tipo prefabbricato DG2092-edizione 03-del 15/09/2016, di dimensioni (L, H, p) pari a 6,70 x 2,85 x 2,50 m, consta essenzialmente di due vani:

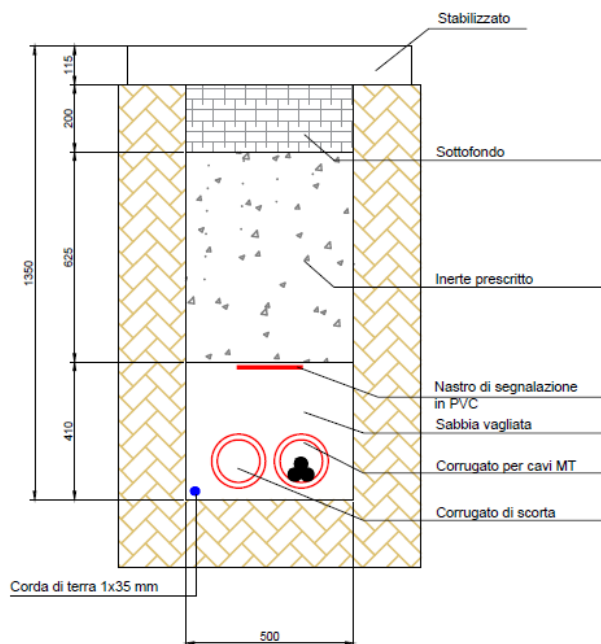
- 1) Locale di consegna: N. 1 scomparto DY900 di sezionamento e n.1 scomparto DY808 per la misura completo di TA e TV;
- 2) Locale dedicato all'installazione della misura dell'energia immessa e assorbita, con un accesso di larghezza pari a 60 cm;

Il posizionamento delle apparecchiature all'interno dei locali è tale che, anche a porte aperte, residuano vie di evacuazione di ampiezza sempre superiore a cm 50.

La cabina di consegna necessita di una platea di fondazione quindi uno scavo di profondità di circa 60 cm.

## 6. COLLEGAMENTO IN CAVO MT

Le cabine di campo saranno collegate alla cabina di consegna a 20 kV in cavo interrato il cui dettaglio di posa è rappresentato nell'immagine di seguito:



Il cavo interrato sarà posato all'interno di un tubo corrugato ad una profondità di almeno 1,0 m misurato dall'estradosso superiore del tubo. Il fondo dello scavo deve essere piatto e privo di asperità che possano danneggiare le tubazioni.

La profondità di posa dei tubi, dovrà essere tale da garantire almeno 1,0 m misurato dall'estradosso superiore del tubo. La prima parte del rinterro deve essere eseguita con sabbia o terra vagliata successivamente irrorata con acqua in modo da realizzare una buona compattazione; la restante parte della trincea (esclusa la pavimentazione) dovrà essere riempita a strati successivi di spessore non superiore a 0,3 m ciascuno utilizzando il materiale di risulta dello scavo.

### 6.1 DIMENSIONAMENTO CAVI A 20kV

Per la determinazione della corrente di impiego, ovvero della corrente massima che potrà percorrere ciascuna linea, è stata applicata la seguente relazione:

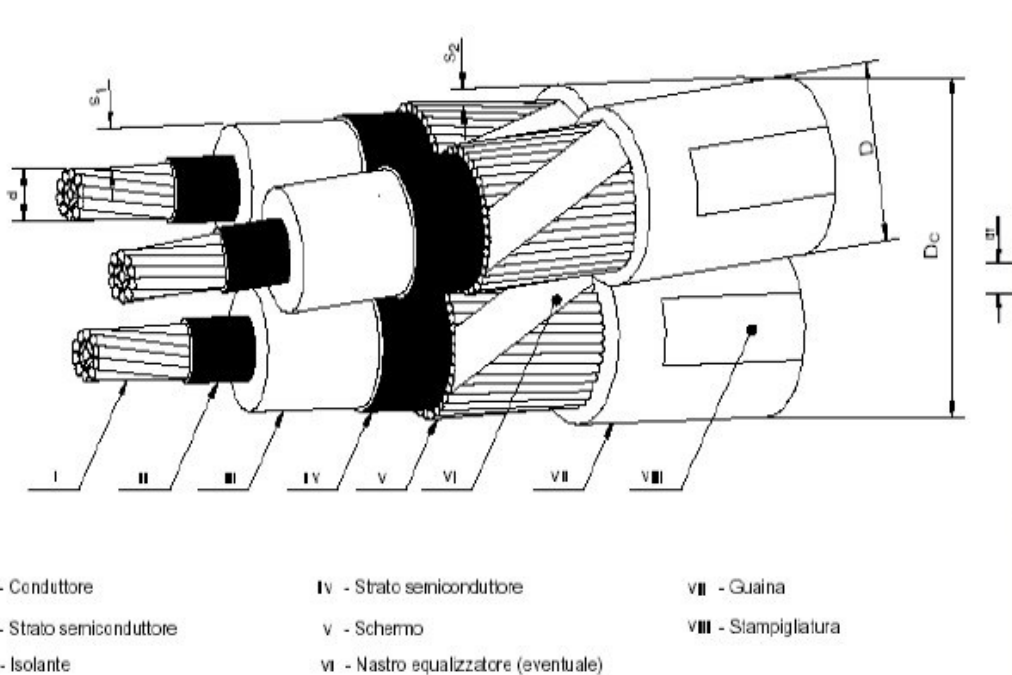
Elettrodotto di collegamento cabine di campo-cabina di consegna:

$$I_B = P_n \text{ generatore} / (\sqrt{3} \cdot V_n \cdot \cos\phi) = 10,06499 \times 10^6 / (\sqrt{3} \cdot 20 \cdot 10^3 \cdot 0,95) = 306 \text{ A}$$

dove:

- ✓  $I_b$  è la corrente di impiego;
- ✓  $P_n$  generatore è la potenza nominale della centrale fotovoltaica;
- ✓  $V_n$  è la tensione nominale della linea;
- ✓  $\cos\phi$  è il fattore di potenza, fissato a 0,95 in base a quanto stabilito dalla norma CEI 11-32.

Le linee saranno realizzate interamente in cavo interrato, in modo tale da ridurre l’impatto ambientale, utilizzando cavi di tipo tripolare ad elica con conduttori in alluminio, aventi isolamento estruso (HEPR o XLPE) e schermo in rame avvolto a nastro sulle singole fasi, adatti per posa interrata, come nell’immagine di seguito.



*Cavi tripolari ad elica per posa interrata unificati e-Distribuzione*

Nella tabella di seguito vengono riportate le principali caratteristiche tecniche dei cavi scelti:

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

**Conduttore di alluminio / Aluminium conductor - ARE4H5(AR)EX**

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

sezione nominale	posa in aria	posa interrata	
		p=1 °C m/W	p=2 °C m/W
<i>conductor cross-section</i>	<i>open air installation</i>	<i>underground installation</i>	
		p=1 °C m/W	p=2 °C m/W
(mm <sup>2</sup> )	(A)	(A)	(A)

**Dati costruttivi / Construction charact. - 12/20 kV**

50	8,2	19,9	34,5	2430	690
70	9,7	20,8	35,5	2660	690
95	11,4	22,1	37,0	3010	730
120	12,9	23,2	38,2	3300	760
150	14,0	24,3	39,5	3640	780
185	15,8	26,1	41,3	4120	820
240	18,2	28,5	44,0	4770	860
300	20,8	31,7	47,6	5730	950

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

50	184	166	129
70	227	203	157
95	275	243	187
120	317	276	212
150	358	309	236
185	411	350	267
240	486	407	309
300	561	461	349

**Dati costruttivi / Construction charact. - 18/30 kV**

50	8,2	25,5	40,7	3330	820
70	9,7	25,6	40,8	3450	820
95	11,4	26,5	41,8	3730	840
120	12,9	27,4	42,9	4050	860
150	14,0	28,1	43,6	4310	860
185	15,8	29,5	45,1	4740	900
240	18,2	31,5	47,4	5440	950
300	20,8	34,7	50,9	6360	1010

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

50	187	167	131
70	231	204	159
95	279	244	189
120	321	277	214
150	361	310	238
185	415	351	269
240	489	408	311
300	563	459	350


**Cavi isolati in materiale elastomerico / Cables insulated with elastomeric compounds**

Resistenza apparente del conduttore (rame rosso) (alluminio) a 50 Hz e a 90 °C  
Apparent resistance of red conductor (bare copper) (aluminium) at 50 Hz and at 90 °C

sezione nominale	CAVI UNIPOLARI conduttore in rame - alluminio								CAVI UNIPOLARI conduttore in rame - alluminio tutte le tensioni		CAVI TRIPOLARI conduttore in rame - alluminio tutte le tensioni	
	1,8/3 kV - 3,6/6 kV (Ω/km)		6/10 kV - 8,7/15 kV (Ω/km)		12/20 kV - 18/30 kV (Ω/km)		26/45 kV (Ω/km)		SINGLE CORE CABLES copper-aluminium conductor any rated voltage (Ω/km)		THREE CORE CABLES copper-aluminium conductor any rated voltage (Ω/km)	
<i>conductor cross-section</i> (mm <sup>2</sup> )	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
10	2,330	3,9100	2,3300	3,9100	-	-	-	-	2,330	3,9100	2,3300	3,9100
16	1,470	2,4700	1,4700	2,4700	-	-	-	-	1,470	2,4700	1,4700	2,4700
25	0,929	1,5600	0,9290	1,5600	0,9290	1,5600	-	-	0,929	1,5600	0,9270	1,5600
35	0,670	1,1200	0,6710	1,1300	0,6710	1,1300	-	-	0,670	1,1300	0,6690	1,1200
50	0,495	0,8320	0,4950	0,8320	0,4950	0,8320	-	-	0,495	0,8320	0,4940	0,8320
70	0,347	0,5830	0,3440	0,5800	0,3440	0,5800	0,3440	0,5800	0,344	0,5800	0,3430	0,5760
95	0,248	0,4160	0,2480	0,4160	0,2480	0,4160	0,2480	0,4160	0,248	0,4160	0,2470	0,4150
120	0,198	0,3330	0,1980	0,3330	0,1980	0,3330	0,1980	0,3330	0,198	0,3330	0,1960	0,3290
150	0,161	0,2700	0,1610	0,2700	0,1610	0,2700	0,1610	0,2700	0,161	0,2700	0,1600	0,2690
185	0,130	0,2180	0,1300	0,2180	0,1300	0,2180	0,1300	0,2180	0,130	0,2180	0,1290	0,2170
240	0,0984	0,1650	0,0983	0,1650	0,0982	0,1650	0,0981	0,1650	0,100	0,1680	0,1000	0,1680
300	0,0789	0,1320	0,0788	0,1320	0,0787	0,1320	0,0786	0,1320	0,081	0,1360	0,0800	0,1340
400	0,0625	0,1050	0,0624	0,1050	0,0623	0,1050	0,0622	0,1050	0,065	0,1090	0,0650	0,1090
500	0,0496	0,0833	0,0494	0,0830	0,0493	0,0828	0,0491	0,0825	0,053	0,0890	0,0536	0,0900
630	0,0396	0,0665	0,0394	0,0662	0,0393	0,0662	0,0391	0,0657	0,044	0,0739	-	-

## Cavi isolati in materiale elastomerico / Cables insulated with elastomeric compounds

### Reattanza di fase a 50 Hz / Phase reactance at 50 Hz

 CAVI UNIPOLARI SINGLE							
SINGLE CORE CABLES							
sezione nominale conductor cross-section (mm <sup>2</sup> )	1,8/3 kV (Ω/km)	3,6/6 kV (Ω/km)	6/10 kV (Ω/km)	8,7/15 kV (Ω/km)	12/20 kV (Ω/km)	18/30 kV (Ω/km)	26/45 kV (Ω/km)
10	0,140	0,160	0,160	-	-	-	-
16	0,130	0,140	0,150	0,160	-	-	-
25	0,120	0,150	0,140	0,150	0,150	-	-
35	0,110	0,120	0,130	0,140	0,140	0,160	-
50	0,110	0,120	0,120	0,130	0,130	0,150	-
70	0,100	0,110	0,120	0,120	0,130	0,140	0,15
95	0,098	0,110	0,110	0,120	0,120	0,130	0,14
120	0,097	0,100	0,110	0,110	0,120	0,130	0,14
150	0,092	0,099	0,100	0,110	0,110	0,120	0,13
185	0,089	0,096	0,100	0,110	0,110	0,120	0,12
240	0,086	0,093	0,096	0,100	0,100	0,110	0,12
300	0,084	0,092	0,094	0,098	0,100	0,110	0,12
400	0,082	0,090	0,092	0,095	0,099	0,110	0,11
500	0,081	0,088	0,089	0,092	0,095	0,100	0,11
630	0,079	0,086	0,087	0,090	0,093	0,099	0,10

**Note / Notes:**

Validi sia per cavi in rame che alluminio.  
Valid both for copper and aluminium cables.

Ai fini del dimensionamento sono state ipotizzate le seguenti condizioni di posa:

- ✓ Profondità di posa 1,15 m;
- ✓ Resistività termica del terreno 1 K m/ W;
- ✓ Temperatura del terreno 20° C;
- ✓ Numero di circuiti all'interno dello stesso tubo protettivo: 1

Ai fini del corretto dimensionamento della linea è stata applicata la seguente relazione:

$$I_B \leq I_z = I_{z0} \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4$$

dove:

- ✓  $I_B$  è la corrente di impiego calcolata;
- ✓  $I_z$  è la portata del cavo nelle condizioni di posa previste in fase di progetto;
- ✓  $I_{z0}$  è la portata del cavo in condizioni di posa;
- ✓  $K_1$  è il fattore di correzione per profondità di posa diversa da 1,15 m;
- ✓  $K_2$  è il fattore di correzione per temperatura del terreno diversa da 20°C;
- ✓  $K_3$  è fattore di correzione per resistività termica del terreno diversa da 1 K m/W



- ✓  $K_4$  è il fattore di correzione da applicare in caso di più circuiti all'interno dello stesso tubo protettivo;

Considerando che le condizioni di posa ipotizzate sono standard, ai fini del corretto dimensionamento è stata applicata la seguente relazione:

$$I_B \leq I_{zo}$$

Tenendo conto del valore della corrente di impiego calcolata, consultando la tabella, in cui si riportano i dati tecnici del cavo, si è scelto di utilizzare cavi aventi le seguenti caratteristiche:

- Elettrodotto di collegamento tra le cabine di campo e la cabina di consegna:
  - ✓  $S = 3 \times 1 \times 120 \text{ mm}^2$  (in alluminio);
  - ✓  $I_{zo} = 276 \text{ A}$ ;
  - ✓  $U_o/U = 12/20 \text{ kV}$ .

Determinate le sezioni del cavo, è stata calcolata la massima caduta di tensione; considerando una caduta di tensione chilometrica pari a 0,488 V/Akm, ne deriva che  $\Delta V = 77$  e  $\Delta V\% = 0,4\%$ .

Dalla cabina di consegna partirà una linea 20 kV interrata in cavo di Al 185 mmq per una lunghezza di circa 90 m e in cavo aereo Al 150 mmq per una lunghezza di circa 1 km, sino ad arrivare alla Cabina Primaria "San Pancrazio Salentino".

## 6.2 DIMENSIONAMENTO CAVI A 0,8 kV

Per il collegamento degli inverter alle cabine di campo è necessario posare cavi unipolari alla tensione di 0,800 kV. Da ogni inverter partiranno tre cavi unipolari in rame della sezione di 70 mmq di una lunghezza con un minimo di 30 m ad un massimo di 220 m. La lunghezza totale per il collegamento dei 34 all'inverter alle rispettive cabine di campo è di circa 3910 m per una lunghezza totale di cavo di circa 12000 m.

Per la determinazione della corrente di impiego, ovvero della corrente massima che potrà percorrere ciascuna linea, è stata applicata la seguente relazione:

Elettrodotto di collegamento tra inverter e cabina di campo:

$$I_B = P_n \text{ generatore} / (\sqrt{3} \cdot V_n \cdot \cos\phi) = 175 / (\sqrt{3} \cdot 0,80 \cdot 0,95) = 133 \text{ A}$$

dove:

- ✓  $I_B$  è la corrente di impiego;

- ✓ Pn generatore è la potenza nominale delle stringhe afferenti all'inverter da 24 ingressi;
- ✓ Vn è la tensione nominale della linea;
- ✓ Cosφ è il fattore di potenza, fissato a 0,95 in base a quanto stabilito dalla norma CEI 11-32.

Le linee saranno realizzate interamente in cavo interrato, in modo tale da ridurre l'impatto ambientale, utilizzando cavi di tipo unipolare in rame.

Nella tabella di seguito vengono riportate le principali caratteristiche tecniche dei cavi scelti:

## FG16R16 0,6/1 kV G16TOP



### FG16R16

sezione nominale	diámetro indicativo conduttore	spessore medio isolante	diámetro esterno massimo	peso indicativo del cavo	resistenza massima a 20 °C in c. c.	30 °C in aria	portata di corrente (A) con temperatura ambiente di 30 °C in tubo in aria	20 °C interrato in tubo	20 °C interrato	raggio minimo di curvatura	
<i>conductor cross-section</i>	<i>approximate conductor diameter</i>	<i>average insulation thickness</i>	<i>maximum outer diameter</i>	<i>approx. weight</i>	<i>maximum DC resistance at 20 °C</i>	<i>in open air at 30 °C</i>	<i>permissible current rating (A) in buried duct at 20 °C</i>			<i>minimum bending radius</i>	
(mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(Ω/km)		ρ=1°C m/W	ρ=1,5 °C m/W	ρ=1°C m/W	ρ=1,5 °C m/W	(mm)

### 1 conduttore / Single core - tab. CEI-UNEL 35318

1,5	1,5	0,7	8,2	79	13,3	24	20	22	21	35	32	74
2,5	2	0,7	8,7	94	7,98	33	28	29	27	45	39	78
4,0	2,5	0,7	9,3	112	4,95	45	37	37	35	58	51	84
6,0	3	0,7	9,9	139	3,30	58	48	47	44	73	64	89
10,0	3,9	0,7	10,9	188	1,91	80	66	63	59	97	85	98
16,0	5	0,7	11,4	227	1,21	107	88	82	77	125	110	103
25,0	6,4	0,9	13,2	331	0,780	135	117	108	100	160	141	119
35,0	7,7	0,9	14,6	425	0,554	169	144	132	121	191	169	131
50,0	9,2	1,0	16,4	579	0,386	207	175	166	150	226	199	148
70,0	11,0	1,1	17,3	784	0,272	268	222	204	184	277	244	156
95,0	12,5	1,1	24,4	989	0,206	328	269	242	217	331	292	220
120,0	14,2	1,2	22,4	1250	0,161	383	312	274	251	377	332	202
150,0	15,8	1,4	24,8	1540	0,129	444	355	324	287	420	370	223
185,0	17,5	1,6	27,2	1890	0,106	510	417	364	323	476	419	245
240,0	20,1	1,7	30,4	2410	0,0801	607	490	427	379	550	484	274
300,0	22,5	1,8	33,0	3030	0,0641	703	-	484	429	620	546	297

## Cavi isolati in materiale termoplastico / Cables insulated with thermoplastic compounds

Resistenza a 70 °C per conduttori di rame rosso flessibile e reattanza a 50 Hz (riferite a cavi 0,6/1 kV)

*Apparent resistance of flexible bare copper conductor at 70 °C and reactance at 50 Hz (for 0,6/1 kV voltage rates)*

### Cavi per energia / Power cables

sezione nominale <i>conductor cross-section</i>	resistenza con temperatura di funzionamento a 70 °C		unipolari	reattanza a 50 Hz	multipolari
	<i>resistance at 70 °C</i>		<i>single core</i>	<i>reactance at 50 Hz</i>	<i>multicore</i>
	(mm <sup>2</sup> )	c.c. / DC (Ω/km)	c.a. / AC (Ω/km)	(Ω/km)	(Ω/km)
1,5	15,9	15,9	0,147		0,106
2,5	9,55	9,55	0,186		0,098
4	5,92	5,92	0,129		0,097
6	3,95	3,95	0,121		0,092
10	2,29	2,29	0,111		0,086
16	1,45	1,45	0,103		0,081
25	0,930	0,930	0,097		0,080
35	0,660	0,660	0,093		0,077
50	0,460	0,460	0,090		0,076
70	0,330	0,330	0,086		0,074
95	0,250	0,250	0,085		0,074
120	0,193	0,194	0,081		-
150	0,154	0,156	0,081		-
185	0,127	0,129	0,081		-
240	0,096	0,099	0,080		-

Ai fini del dimensionamento sono state ipotizzate le seguenti condizioni di posa:

- ✓ Profondità di posa 1,00 m;
- ✓ Resistività termica del terreno 1 K m/ W;
- ✓ Temperatura del terreno 20° C;
- ✓ Numero di circuiti all'interno dello stesso scavo: da 1 a 5

Ai fini del corretto dimensionamento della linea è stata applicata la seguente relazione:

$$I_B \leq I_z = I_{z0} \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4$$

dove:

- ✓  $I_B$  è la corrente di impiego calcolata;
- ✓  $I_z$  è la portata del cavo nelle condizioni di posa previste in fase di progetto;
- ✓  $I_{z0}$  è la portata del cavo in condizioni di posa;
- ✓  $K_1$  è il fattore di correzione per profondità di posa diversa da 1,00 m;
- ✓  $K_2$  è il fattore di correzione per temperatura del terreno diversa da 20°C;
- ✓  $K_3$  è fattore di correzione per resistività termica del terreno diversa da 1 K m/W

- ✓  $K_4$  è il fattore di correzione da applicare in caso di più circuiti all'interno dello stesso tubo protettivo (0,65).

Considerando che le condizioni di posa ipotizzate sono standard, ai fini del corretto dimensionamento è stata applicata la seguente relazione:

$$I_B \leq I_{z0} \times K_4$$

Tenendo conto del valore della corrente di impiego calcolata, consultando la tabella in cui si riportano i dati tecnici del cavo si è scelto di utilizzare cavi aventi le seguenti caratteristiche:

- Elettrodotto di collegamento tra inverter e cabine di campo:
  - ✓  $S = 3 \times 1 \times 70 \text{ mm}^2$  (in rame);
  - ✓  $I_{z0} = 204 \text{ A}$ ;
  - ✓  $U_0/U = 12/20 \text{ kV}$ .

Determinate le sezioni dei cavi, è stata calcolata la massima caduta di tensione con la relazione di seguito riportata:

$$\Delta V = K_v [(r \cdot L \cdot I_B \cos\phi) + (x \cdot L \cdot I_B \sin\phi)]$$

dove:

- ✓  $K_v$  è un coefficiente che per linee trifase è pari a  $\sqrt{3}$ ;
- ✓  $r$  è la resistenza chilometrica del cavo, pari a  $0,272 \Omega/\text{km}$  (cavo da  $70 \text{ mm}^2$ );
- ✓  $x$  la reattanza chilometrica del cavo, pari a  $0,086 \Omega/\text{km}$  (cavo da  $70 \text{ mm}^2$ );
- ✓  $L$  la lunghezza della tratta oggetto del calcolo è di  $220\text{m}$  (tratta di lunghezza maggiore);
- ✓  $I_B$  è la corrente di impiego, rispettivamente per le 34 tratte ( $133 \text{ A}$ )
- ✓  $\cos\phi$  è il fattore di potenza, pari a  $0,95$ .

Sostituendo i valori delle grandezze elettriche nella precedente relazione, è stata calcolata la massima caduta di tensione per il tratto più breve e per quello di lunghezza maggiore rispettivamente pari a:

- $\Delta V = 2,3 \text{ V} - 14,3 \text{ V}$
- $\Delta V\% = (2,3/800) \times 100 = 0,29\% - (14,3/800) \times 100 = 1,8\%$

Considerando le cadute di tensione in totale, comprensive di quelle relative al cavo MT, si ottengono valori inferiori al 2%.

## **7. RETE DI TERRA DELL'IMPIANTO E DELLE CABINE ELETTRICHE**

L'impianto di terra dell'impianto fotovoltaico sarà quindi costituito da:

- un anello perimetrale in corda nuda di rame 35 mmq, posata ad una quota non inferiore a 0,50 m da piano di campagna;
- un anello perimetrale in corda nuda di rame 35 mmq posizionato sul perimetro di ciascuna cabina di campo di trasformazione, e della cabina di consegna, collegato poi all'anello perimetrale di cui al punto precedente;
- una rete di corda di rame 35 mmq per il collegamento a terra delle strutture di supporto dei moduli fotovoltaici nonché degli inverter. La corda di rame sarà posata sul fondo dello scavo della rete interna delle vie cavi BT, quindi seguirà il suo stesso schema.

Le sbarre in rame dell'impianto di terra interno ai fabbricati dovranno essere verniciate sulle parti a vista, in GIALLO con strisce VERDI, oppure con il simbolo di terra (verniciato o prestampato, ben adesivo e resistente).

## **8. ESERCIZIO DELL'IMPIANTO**

Tutte le attività di gestione dell'impianto del produttore saranno effettuate da personale specializzato e specificatamente formate, raggiungibili tramite numeri di telefonia fissa, eventuali dispositivi cellulari avranno funzione di riserva. L'impianto sarà condotto da detto personale 24 ore su 24, per tutti i giorni dell'anno. L'esercizio dell'impianto in stato di emergenza ed il relativo ripristino sarà dettagliatamente definito in sede di stesura del Regolamento di Esercizio.

L'impianto fotovoltaico di generazione e i relativi macchinari e apparecchiature saranno progettati, costruiti ed eserciti per restare in parallelo in condizioni normali di esercizio, di emergenza e di ripristino della rete.

## **9. MISURE E SISTEMI DI TRASMISSIONE**

Il sistema di misura dell'energia prodotta e scambiata dall'impianto fotovoltaico in progetto è costituito da un gruppo di misura nel punto di consegna MT, installato nella cabina di consegna per l'energia prodotta.