



**REGIONE CAMPANIA**  
**PROVINCIA DI CASERTA**  
**COMUNE DI CANCELLO ED ARNONE**



**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 "CANCELLO ARNONE" DI POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 20.000,00 kW E POTENZA DI PICCO PARI A 19.818,54 kW**

Codice pratica: 202100623



Codice identificativo

Commessa	Liv. prog.	Tip.	Codice Elaborato
<b>SE225</b>	<b>PD</b>	<b>R</b>	<b>IMP</b>

DATA	SCALA
Marzo 2022	-

Titolo elaborato

**Relazione preliminare impianti**

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:



**SMARTENERGYIT2104 S.R.L.**  
 Piazza Cavour, 1 - 20121 Milano (MI)  
 C.F./P.IVA 11625050965

LEGALE RAPPRESENTANTE

## Indice

Indice .....	1
1. PREMESSA.....	2
2. CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO E DELL'AREA DI INTERVENTO .....	2
2.1 Ubicazione dell'intervento .....	2
2.2 Caratteristiche Moduli FV .....	3
3. ARCHITETTURA ELETTRICA DELL'IMPIANTO.....	4
4. GRUPPI DI CONVERSIONE.....	7
4.1 Inverter .....	7
4.2 Cabine di Campo/Trasformazione.....	8
5. CABINA DI RACCOLTA CAVI MT E SERVIZI AUSILIARI.....	10
6. COLLEGAMENTO IN CAVO MT.....	11
6.1 Dimensionamento Cavi a 30 kV.....	12
6.2 Dimensionamento Cavi a 0,8 kV.....	17
7. RETE DI TERRA DELL'IMPIANTO E DELLE CABINE ELETTRICHE .....	21
8. ESERCIZIO DELL'IMPIANTO .....	21
9. MISURE E SISTEMI DI TRASMISSIONE.....	21

## 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 20.000,00 kW e potenza di picco installata pari a 19.818,54 kWp unitamente a tutte le opere di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale, ossia cavidotto MT interrato della lunghezza di circa 4 km dal campo fotovoltaico fino alla stazione d'utenza, nonché delle opere accessorie (strade, recinzioni, cabine elettriche) all'interno delle aree in cui è realizzato l'impianto.

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

### 2.1 Ubicazione dell'intervento

L'impianto fotovoltaico è ubicato a Sud-Ovest del comune di Canello ed Arnone (CE), in località La Tronara e in linea d'aria dista circa 3,0 km dal centro del medesimo comune. Il sito su cui sorgerà l'impianto è individuato alle coordinate geografiche: 41°02'46.1"N 14°01'07.4"E ed ha un'altitudine media di circa 5 m s.l.m. (Figura 6).

Esso è raggiungibile percorrendo la strada comunale ex SP 296 "Roveto-Seponi" su cui sarà ubicato uno dei tre accessi all'impianto; l'accesso all'altra porzione di impianto avverrà da altri n. 2 cancelli posti su stradina interpodereale esistente che si raccorda alla suddetta ex SP.

L'impianto FV sarà realizzato su terreni identificati catastalmente al foglio 36 p.lle 5019, 91, 28, 29, 88, 90, 92, 30, 31, 5018, dalla forma pressoché regolare, per un totale di circa 32 ha; l'area di occupazione effettiva dell'impianto è pari a circa 30 ha.



Figura 1 – Area di intervento



SMARTENERGY

Oggetto: Impianto Fotovoltaico Potenza di picco 19.818,54 kW

Elaborato: Relazione tecnica impianti elettrici

## 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 535 Wp, ognuno costituito da 144 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.



Figura 2 – Datasheet moduli fotovoltaici TR Bifacial, Jinko Solar

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 28, 56 e 84 moduli in configurazione 1 portrait.

### 3. ARCHITETTURA ELETTRICA DELL'IMPIANTO

Il generatore fotovoltaico è formato da stringhe costituite da 28 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
28	49,42	13,11	1383,76	13,11

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

	Potenza modulo (Wp)	N° moduli	N° stringhe
<b>Tracker da 28</b>	535	28	1
<b>Tracker da 56</b>	535	56	2
<b>Tracker da 84</b>	535	84	3

L'energia prodotta dalle stringhe viene raccolta dai 165 inverter di stringa della potenza di 100 kW, ai quali afferiscono un massimo di 9 stringhe. Ciascun inverter ha una massima tensione di ingresso pari a 1500 V maggiore della tensione massima di stringa pari a 1383,76 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 28 moduli.

L'energia proveniente dagli inverter sarà quindi raccolta in n. 12 cabine elettriche di trasformazione MT/BT dove avverrà un ulteriore innalzamento di tensione, tramite un trasformatore 0,8/30 kV. In ciascuna cabina saranno installati trasformatori di taglie differenti (1250 - 2500 kVA). Le 12 cabine di trasformazione saranno collegate in cavo elettrificato a 30 kV secondo la configurazione di un circuito "ad anello" che garantisce l'alimentazione di tutte le cabine in caso di guasto del cavo interrato in qualsiasi punto del circuito. I due rami dell'anello confluiranno in una cabina di raccolta da cui partirà il cavo di collegamento in media tensione (30 kV) verso la Stazione di Utenza.

Il campo fotovoltaico è suddiviso in n. 12 sottocampi, corrispondenti alle 12 cabine di campo/trasformazione articolati come di seguito:

	<b>N. Inverter</b>	<b>N° stringhe da 28 moduli per inverter</b>	<b>N° moduli (da 535 Wp)</b>	<b>Potenza sottocampo (kW)</b>
<b>Cabina di campo 1</b>	20	19x8 + 1x9	4508	2.411,78
<b>Cabina di campo 2</b>	19	18x8+1x7	4228	2.261,98
<b>Cabina di campo 3</b>	10	10x8	2240	1.198,4
<b>Cabina di campo 4</b>	10	10x8	2240	1.198,4
<b>Cabina di campo 5</b>	10	10x8	2240	1.198,4
<b>Cabina di campo 6</b>	20	20x8	4480	2.396,8
<b>Cabina di campo 7</b>	10	10x8	2240	1.198,4
<b>Cabina di campo 8</b>	10	10x8	2240	1.198,4
<b>Cabina di campo 9</b>	11	8x8+3x9	2548	1.363,18
<b>Cabina di campo 10</b>	18	18x8	4032	2.157,12
<b>Cabina di campo 11</b>	17	15x8+1x9+1x7	3808	2.037,28
<b>Cabina di campo 12</b>	10	10x8	2240	1.198,4

Le 12 cabine di trasformazione saranno collegate in cavo elettrificato a 30 kV secondo la configurazione di un circuito "ad anello" che garantisce l'alimentazione di tutte le cabine in caso di guasto del cavo interrato in qualsiasi punto del circuito. I due rami dell'anello confluiranno in una cabina di raccolta da cui partirà il cavo di collegamento in media tensione (30 kV) verso la Stazione di Utensità. Si formeranno, così, 12 "sotto-campi", ciascuno costituito dall'insieme dei moduli afferenti alla stessa cabina di campo, secondo la tabella precedente e l'elaborato grafico dello schema unifilare (SE225\_PD\_E\_LAY\_07\_00 - SE225\_PD\_E\_LAY\_07\_03)

In sintesi i principali componenti dell'impianto sono:

- 37.044 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;

- 1.323 stringhe fotovoltaiche costituite da 28 moduli in serie;
- 165 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;
- n.12 trasformatori MT/BT di taglia diversa a seconda dei sottocampi: 1250 kVA – 2500 kVA;
- cavi interrati a 30kV in alluminio della sezione 3x1x300 mmq;
- cavi di bassa tensione interrati in rame della sezione da 70 mmq per il collegamento dagli inverter alle 12 cabine di campo;
- n.12 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;
- n.12 cabine di trasformazione dimensioni di 6,06x2,44x2,90 m;
- n. 1 cabina delle dimensioni di 17,70x7x70x3 m adibita alla raccolta dei cavi MT e locale servizi;
- 1 linea di media tensione in cavo interrato in cavo multipolare isolato in HEPR;
- n.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 continuativamente dal convertitore e il campo di temperatura ambiente alla quale tale potenza può essere erogata.

Gli inverter di stringa sono dotati di 6 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 12 stringhe.

Nel caso in esame è prevista l'installazione di n° 165 inverter da 100 kW con una potenza pari a 16.500 kW, ad ogni inverter afferiranno un massimo di 9 stringhe. Ogni stringa ha una potenza pari a 14,98 kWp (535 Wp x 28 moduli), per una potenza totale in ingresso lato DC di ogni inverter pari a circa 134,82 kW.

In particolare si prevedono:

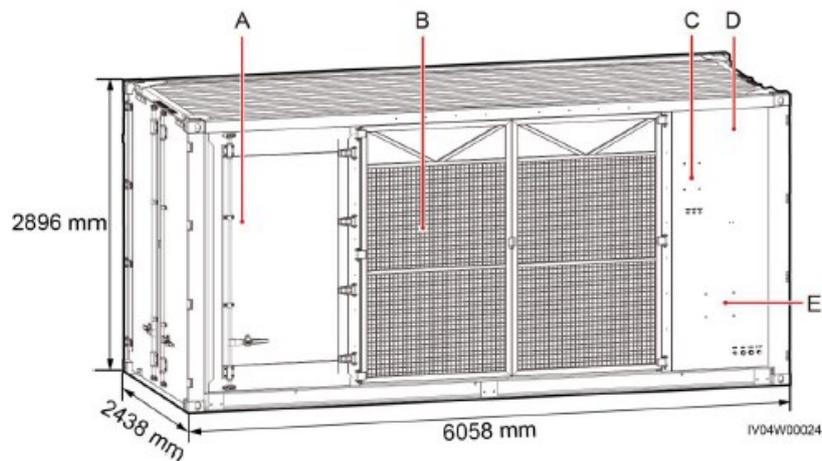
- 2 inverter a cui afferiranno 7 stringhe =  $14,98 * 7 * 2 = 209,72$  kW;
- 158 inverter a cui afferiranno 8 stringhe =  $14,98 * 8 * 158 = 18.934,72$  kW;
- 5 inverter a cui afferiranno 9 stringhe =  $14,98 * 9 * 5 = 674,1$  kW;

per un totale di = 19.818,54 kW.

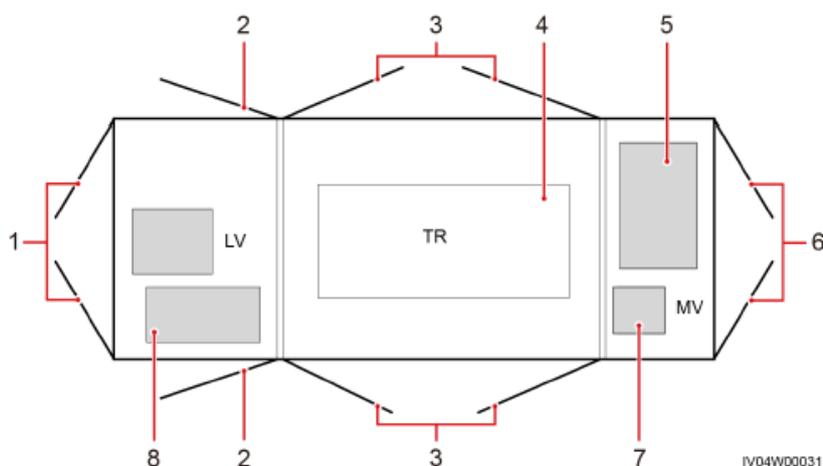


#### 4.2 Cabine di Campo/Trasformazione

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 (SE225\_PD\_R\_OP\_ARCH).



- (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

Figura 3 – Cabina di trasformazione in container

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 RACCOLTA CAVI MT E SERVIZI AUSILIARI

La “cabina di raccolta cavi MT e servizi ausiliari” sarà delle dimensioni di 17,70 x 7,70 x 3,00 e composta da un locale quadri, da un centro di controllo e da un locale spogliatoi. La costruzione sarà di tipo prefabbricato (struttura portante costituita da pilastri prefabbricati in c.a.v., pannelli di tamponamento prefabbricati in c.a., finitura esterna con intonaci al quarzo) o, dove ciò non fosse possibile, di tipo tradizionale con struttura in c.a. e tamponature in muratura di laterizio rivestite con intonaco di tipo civile. La copertura a tetto piano, sarà opportunamente coibentata ed impermeabilizzata. Gli infissi saranno realizzati in alluminio anodizzato naturale. Particolare cura sarà osservata ai fini dell’isolamento termico impiegando materiali isolanti idonei in funzione della zona climatica e dei valori minimi e massimi dei coefficienti volumici globali di dispersione termica, nel rispetto delle norme di cui alla Legge n. 373 del 1976 e successivi aggiornamenti nonché alla Legge n. 10 del 1991 e successivi regolamenti di attuazione.

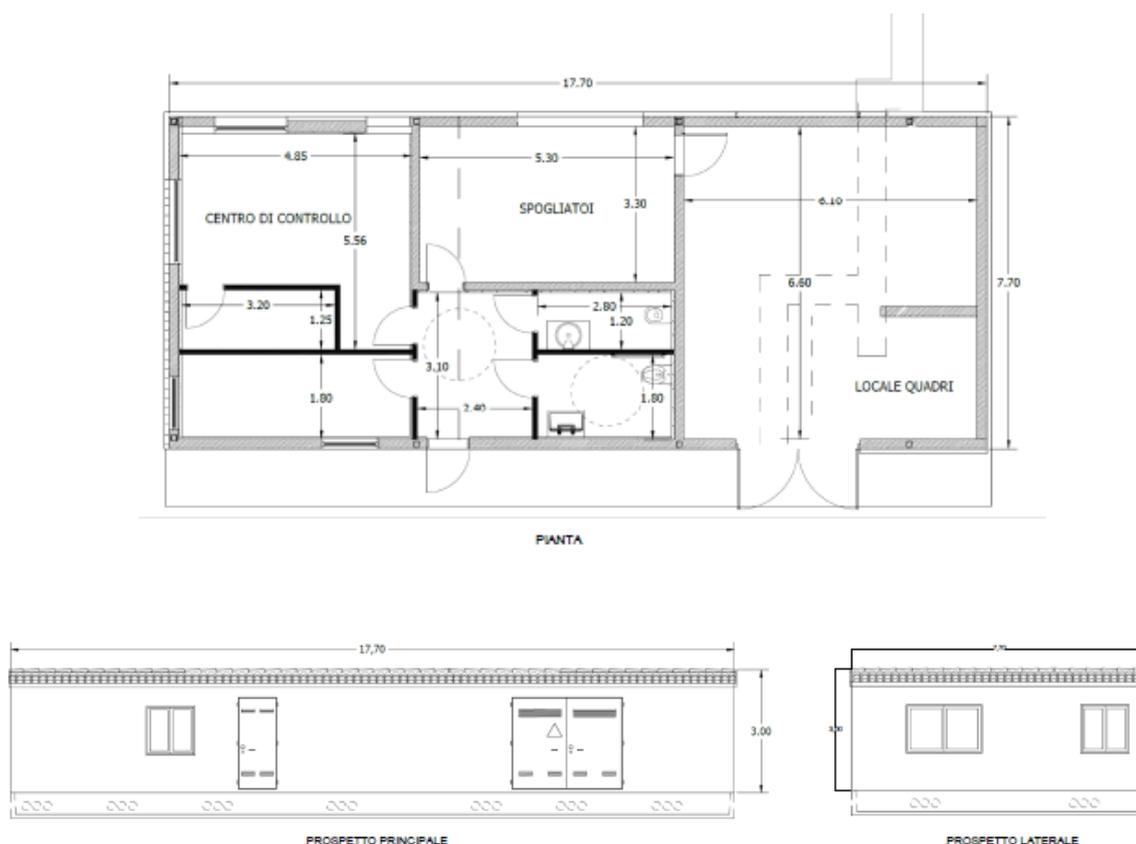
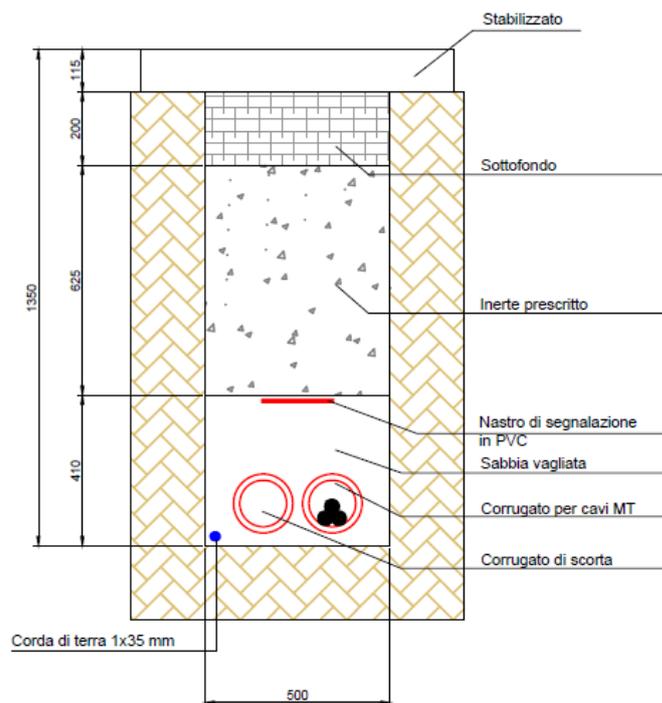


Figura 4 – Cabina di Raccolta e Servizi Ausiliari

## 6. COLLEGAMENTO IN CAVO MT

Le cabine di campo saranno collegate alla cabina di consegna a 30 kV in cavo interrato il cui dettaglio di posa è rappresentato nell'immagine di seguito:



*Figura 5 – Sezione tipica di posa della linea in cavo*

Il cavo interrato sarà posato all'interno di un tubo corrugato ad una profondità di almeno 1,30 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 30 kV

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

$$I_B = P_n \text{ generatore} / (\sqrt{3} \cdot V_n \cdot \cos\phi)$$

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.

Nel caso in esame, le n. 12 cabine di trasformazione saranno collegate tra di loro in cavo elettrificato a 30 kV secondo la configurazione di un circuito “ad anello” che garantisce l’alimentazione di tutte le cabine in caso di guasto del cavo interrato in qualsiasi punto del circuito; i due rami dell’anello confluiranno in una cabina di raccolta da cui partirà il cavo di collegamento in media tensione (30 kV) verso la Stazione di Utenza.

Pertanto, il cavo MT a 30 kV è stato dimensionato considerando la portata di corrente massima derivante dalla potenza totale di circa 20 MW, ossia la condizione più sfavorevole, qualora il guasto dovesse avvenire ad un capo iniziale del circuito. L’intensità calcolata è pari a:

$$I_B = P_n / (\sqrt{3} \times V_n \times \cos\phi) = 20.000 \cdot 10^3 / (\sqrt{3} \times 30.000 \times 0,95) = \mathbf{406 \text{ A}}$$

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:





SMARTENERGY

Oggetto: Impianto Fotovoltaico Potenza di picco 19.818,54 kW

Elaborato: Relazione tecnica impianti elettrici

## 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 <i>conductor cross-section</i>	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)					
(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

sezione nominale <i>conductor cross-section (mm<sup>2</sup>)</i>	CAVI UNIPOLARI SINGLE							
	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	0,130	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	0,095	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:

$$I_B \leq I_{z0}$$

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:

- Elettrodotta di collegamento tra le cabine di campo e la cabina di raccolta:
  - ✓  $S = 3 \times 1 \times 300 \text{ mm}^2$  (in alluminio);
  - ✓  $I_{z0} = 459 \text{ A}$ ;
  - ✓  $U_0/U = 18/30 \text{ kV}$ .
- Elettrodotta Cab.di Raccolta - SU
  - ✓  $S = 1 \times (3 \times 500) \text{ mm}^2$ ;
  - ✓  $I_{z0} = 650 \text{ A}$ ;

✓  $U_0/U = 18/30$  kV;

✓ L 4 km;

Determinate le sezioni dei cavi, è stata calcolata la massima caduta di tensione, con la relazione di seguito riportata, verificando che questa risulti inferiore al 2%:

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

dove:

✓  $K_v$  è un coefficiente che per linee trifase è pari a  $\sqrt{3}$ ;

✓  $r$  è la resistenza chilometrica del cavo, pari a 0,136  $\Omega$ /km (cavo da 300 mmq) e 0,089  $\Omega$ /km (cavo da 500 mmq);

✓  $x$  è la reattanza chilometrica del cavo, pari a 0,1  $\Omega$ /km (cavo da 300 mmq) e 0,11  $\Omega$ /km (cavo da 500 mmq);

✓  $L$  è la lunghezza delle linee, rispettivamente pari a 3,2 km (cavo da 300 mmq) e 4,0 km (cavo da 500mmq);

✓  $I_B$  è la corrente di impiego; Nel caso in esame sarà pari a **406 A** sia per la linea interrata che va dalla cabina di raccolta a tutte le cabine di campo, che per la linea interrata che va dalla cabina di raccolta alla stazione d'utenza.

✓  $\cos\phi$  è il fattore di potenza, pari a 0,95.

Sostituendo i valori delle grandezze elettriche nella formula, è stata calcolata la massima caduta di tensione:

- Linea interrata dalla cabina di raccolta a tutte le cabine di campo Al 300mmq a schema ad anello chiuso:

$$\Delta V = \sqrt{3} \cdot (R \cdot \cos\phi + x \cdot \sin\phi) \cdot I \cdot L = \sqrt{3} (0,136 \cdot 0,95 + 0,1 \cdot 0,32) \cdot 406 \cdot 3,2 = \mathbf{362 \text{ V}}$$

$$\Delta V\% = \Delta V/V \cdot 100 = \mathbf{1,2 \text{ \%}}$$

- Linea interrata 30 kV dalla cabina di raccolta alla stazione d'utenza (Al 500mmq):

$$\Delta V = \sqrt{3} \cdot (R \cdot \cos\phi + x \cdot \sin\phi) \cdot I \cdot L = \sqrt{3} (0,089 \cdot 0,95 + 0,1 \cdot 0,32) \cdot 406 \cdot 4 = \mathbf{325 \text{ V}}$$

$$\Delta V\% = \Delta V/100 = \mathbf{1,08 \text{ \%}}$$

## 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 50 m ad un massimo di 230 m. La lunghezza totale per il collegamento dei 165 all'inverter alle rispettive cabine di campo è di circa 8200 m per una lunghezza totale di cavo di circa 25000 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:

$$I_B = P_n \text{ generatore} / (\sqrt{3} \cdot V_n \cdot \text{Cos}\phi) = 100 / (\sqrt{3} \cdot 0,80 \cdot 0,95) = \mathbf{76 \text{ A}}$$

dove:

- ✓  $I_B$  è la corrente di impiego;
- ✓  $P_n$  generatore è la potenza nominale delle stringhe afferenti all'inverter da 12 ingressi;
- ✓  $V_n$  è la tensione nominale della linea;
- ✓  $\text{Cos}\phi$  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 unipolare in rame.

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



SMARTENERGY

Oggetto: Impianto Fotovoltaico Potenza di picco 19.818,54 kW

Elaborato: Relazione tecnica impianti elettrici

**FG16R16 0,6/1 kV G16TOP****FG16R16**

sezione nominale	diametro indicativo conduttore	spessore medio isolante	diametro 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>buried 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	resistenza con temperatura di funzionamento a 70 °C		reattanza a 50 Hz	
	<i>resistance at 70 °C</i>		<i>single core</i>	<i>multicore</i>
<i>conductor cross-section</i>			<i>reactance at 50 Hz</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);
  - ✓  $I_{z0} = 184 \text{ A}$ ;
  - ✓  $U_0/U = 12/20 \text{ kV}$ .

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

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

dove:

- ✓  $K_v$  è un coefficiente che per linee trifase è pari a  $\sqrt{3}$ ;
- ✓  $r$  è la resistenza chilometrica del cavo, pari a 0,33  $\Omega/\text{km}$  (cavo da 70 mmq);
- ✓  $x$  la reattanza chilometrica del cavo, pari a 0,086  $\Omega/\text{km}$  (cavo da 70 mmq);
- ✓  $L$  la lunghezza della tratta oggetto del calcolo è di 230m (tratta di lunghezza maggiore);
- ✓  $I_B$  è la corrente di impiego, rispettivamente per le 165 tratte (76 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:

- $\Delta V = 0.64 \text{ V} - 1,02 \text{ V}$
- $\Delta V\% = (0.64/800) \times 100 = 0,08\% - (1,02/800) \times 100 = 0,12\%$

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 ha il compito principale di acquisire le misure dell'energia immessa dall'impianto fotovoltaico e prelevata dalla rete.

L'acquisizione delle misure avviene in maniera diretta per quanto riguarda l'energia elettrica immessa e prelevata dalla rete dagli impianti di produzione e di prelievo allacciati alla Rete Rilevante, attraverso la telelettura dei contatori di proprietà degli stessi produttori, delle imprese distributrici e di Terna stessa.

La misura è costituita da n. 1 misuratore, n. 3 trasformatori amperometrici (TA) e n. 3 trasformatori di tensione induttivi (TV).

Il misuratore installato dovrà essere teleleggibile dal sistema centrale di acquisizione e validazione del Gestore. I requisiti funzionali del misuratore saranno idonei a quelli richiesti nel Capitolo 5 e nell'Allegato A45 del Codice di Rete.

I Trasformatori di corrente (TA) a tensione di esercizio 150 kV dovranno essere conformi alla tabella del paragrafo 9.3.3 della specifica tecnica dell'Allegato A.3 di TERNA.

I Trasformatori di tensione (TV) saranno conformi alla tabella del paragrafo 9.5.1 della suddetta specifica.