

**IMPIANTO AGROVOLTAICO DI PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTE SOLARE
DENOMINATO "BRINDISI VALLONE" DI POTENZA NOMINALE PARI A 29,925 MVA E
POTENZA INSTALLATA PARI A 33,468 MW, DA REALIZZARSI IN AREA SIN BRINDISI**

**REGIONE PUGLIA
PROVINCIA di BRINDISI
COMUNE di BRINDISI
Località Masseria Baraccone (Area SIN)**

**PROGETTO DEFINITIVO
Id AU 1JAXB41**

Tav.:	Titolo:
R07a	Calcoli preliminari degli impianti

Scala:	Formato Stampa:	Codice Identificatore Elaborato
n.a.	A4	1JAXB41_DocumentazioneSpecialistica_07a

Progettazione:	Committente:
<p>STC S.r.l.  Via V. M. STAMPACCHIA, 48 - 73100 Lecce Tel. +39 0832 1798355 fabio.calcarella@gmail.com - fabio.calcarella@ingpec.eu Direttore Tecnico: Dott. Ing. Fabio CALCARELLA</p>  	<p>Stern PV 2 S.r.l.  Stern PV 2 S.r.l. Sede Legale Via Leonardo Da Vinci 12 39100 Bolzano – PEC sternpv2srl@pec.it</p>

Data	Motivo della revisione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:
Luglio 2020	Prima emissione	STC	FC	Stern PV 2 S.r.l.

Sommario

1. Premessa.....	2
2. Descrizione generale dell'impianto fotovoltaico	2
3. Dimensionamento preliminare dei componenti d'impianto	7
4. Dimensionamento preliminare della rete di terra (Impianto fotovoltaico)	20
5. Dimensionamento preliminare dell'Impianto di illuminazione (<i>Parco Fotovoltaico</i>).....	23
6. Dimensionamento preliminare dell'Impianto videosorveglianza e antintrusione (<i>Parco Fotovoltaico</i>).....	30
7. Dimensionamento preliminare dell'Impianto di illuminazione (<i>SSE Utente</i>).....	32
8. Dimensionamento preliminare dell'Impianto videosorveglianza e antintrusione (<i>SSE</i>). ..	38

1. Premessa

Scopo della presente relazione è quello di dare una descrizione tecnica delle opere e degli impianti necessari per la realizzazione dell'impianto fotovoltaico "Brindisi Vallone" della società Stern PV 2 S.r.l. di potenza nominale pari a 29.925 kVA e potenza installata pari a 33.468,37 kWp ed in particolare di:

- elettrodotto interrato di collegamento alla Sottostazione Elettrica Utente SSE (dorsale esterna);
- linee di Media Tensione interne all'impianto Fotovoltaico (linee in entra-esce dalle Cabine di Campo);
- rete di terra dell'impianto fotovoltaico.

2. Descrizione generale dell'impianto fotovoltaico

L'impianto fotovoltaico propriamente detto è ubicato a Sud-Est dell'abitato di Brindisi. L'area su cui sorgerà l'impianto ha una estensione di circa 43,226 ha.

Le caratteristiche dell'area di impianto sono riportate nelle tabelle seguenti:

Latitudine	Longitudine	Comune
40°34'38.89"N	18° 0'0.52"E	Brindisi

Tabella A – Ubicazione geografica delle opere

Estensione (ha)	Potenza (MW)	Rapporto ha / MW	Ubicazione NCT
43,2263	33,468	1,29	Foglio 155 (Brindisi)

Tabella B – Estensione e Potenza installata

Da un punto di vista elettrico il generatore fotovoltaico è costituito da stringhe. Una stringa è formata da 26 moduli collegati in serie, pertanto 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.

Moduli per stringa	V _{oc} (V)	I _{mp} (A) - STC	Tensione stringa	Corrente stringa
26	51,9	11,75	1.118 V	11,75 A

Nella tabella seguente si evidenziano il numero di stringhe contenute nei tracker a seconda della loro lunghezza.

Tracker	Pot. Mod. (W)	N° moduli	Pot. Tracker (kWp)
<i>Tracker 26 mod</i>	505	26	13,13
<i>Tracker 13 mod</i>	505	13	6,56

L'energia prodotta dalle stringhe afferisce negli inverter di campo. Ciascun inverter ha 12 ingressi e per ciascun ingresso è possibile collegare 2 stringhe in parallelo per un massimo di 24 stringhe. Come detto si prevede di collegare un massimo di 21 stringhe per ciascun inverter.

Ciascun inverter ha una massima tensione di ingresso pari a 1.500 V maggiore della tensione massima di stringa pari a 1.472,20 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 campo in prossimità dei moduli.

L'energia proveniente dagli inverter sarà quindi raccolta nelle cabine elettriche MT/BT. Qui l'energia a 800 V in c.a. sarà soggetta ad un ulteriore innalzamento di tensione, tramite un trasformatore 0,8/30 kV, sarà infatti portata a 30 kV. In ciascuna cabina sarà installato un trasformatore MT/BT di opportuna taglia a seconda della potenza in ingresso proveniente dal campo. In particolare saranno installati:

- n.1 trasformatore da 1.000 kVA;
- n.1 trasformatore da 1.600 kVA;
- n.1 trasformatore da 2.000 kVA;
- n.3 trasformatore da 2.500 kVA;
- n. 6 trasformatore da 3.150 kVA

Tutti i trasformatori saranno dotati di kit supplementare di ventilazione per aumento potenza del 10%. Dalle Cabine di Campo l'energia sarà trasmessa, sempre in MT a 30 kV e sempre tramite linee in cavo, alla Cabina di Smistamento interna all'impianto. Da qui, l'energia prodotta sarà raccolta e convogliata (tramite linea interrata MT a 30 kV, di lunghezza pari a circa 12,2 km) nella Sottostazione Elettrica Utente 30/150 kV, in cui avviene la trasformazione di tensione (30/150 kV) e la successiva consegna (in AT a 150 kV) alla SE TERNA 150/380 kV "Brindisi Sud", tramite la posa di un cavo AT interrato di lunghezza pari a circa 0,5 km, che si attesterà da una parte allo stallo dedicato AT 150 kV della SE TERNA "Brindisi Sud", dall'altro allo stallo At della nuova SSE.

Le Cabine di Campo, a loro volta, saranno elettricamente collegate tra loro in serie secondo la classica configurazione "in entra-esci", tramite linee MT a 30 kV in cavo interrato. Si formeranno così 4

sottocampi, ciascuno costituito dall'insieme di una serie di Cabine secondo lo schema riportato sotto e nell'elaborato "Schema a blocchi rete MT Impianto fotovoltaico".

Dalle tabelle sotto riportate si evince che la potenza di picco installata dell'impianto è pari a 33.468,37 kWp.

								Panel Wp
								505
IMPIANTO "BRINDISI VALLONE"								
Tracker Type	N° Strings/Tracker	N° PV Panels/Tracker	Tracker quantity	Total N° strings	Total N° Inverter	Total N° PV Panels	Peak Power (kWp)	Nominal Power (kVA)
Trck 26 PV M	1	26	2.417	2.417		62.842	31.735,21	29.925
Trck 13 PV M	0,5	13	264	132		3.432	1.733,16	
Total			2.681	2.549	133	66.274	33.468,37	
SOTTOCAMPO 1								
Tracker Type	N° Strings/Tracker	N° PV Panels/Tracker	Tracker quantity	Total N° strings	Total N° Inverter	Total N° PV Panels	Peak Power (kWp)	
Trck 26 PV M	1	26	61	61		1.586	800,93	
Trck 13 PV M	0,5	13	30	15		390	196,95	
Total			91	76		1.976	997,88	
SOTTOCAMPO 2								
Tracker Type	N° Strings/Tracker	N° PV Panels/Tracker	Tracker quantity	Total N° strings	Total N° Inverter	Total N° PV Panels	Peak Power (kWp)	
Trck 26 PV M	1	26	840	840		21.840	11.029,20	
Trck 13 PV M	0,5	13	86	43		1.118	564,59	
Total			926	883		22.958	11.593,79	
SOTTOCAMPO 3								
Tracker Type	N° Strings/Tracker	N° PV Panels/Tracker	Tracker quantity	Total N° strings	Total N° Inverter	Total N° PV Panels	Peak Power (kWp)	
Trck 26 PV M	1	26	1.168	1.168		30.368	15.335,84	
Trck 13 PV M	0,5	13	104	52		1.352	682,76	
Total			1.272	1.220		31.720	16.018,60	
SOTTOCAMPO 4								
Tracker Type	N° Strings/Tracker	N° PV Panels/Tracker	Tracker quantity	Total N° strings	Total N° Inverter	Total N° PV Panels	Peak Power (kWp)	
Trck 26 PV M	1	26	348	348		9.048	4.569,24	
Trck 13 PV M	0,5	13	44	22		572	288,86	
Total			392	370		9.620	4.858,10	

Principali caratteristiche impianto e potenza di picco installata

L'energia raccolta dalle Cabine quindi, sarà convogliata (sempre tramite linea MT in cavo), nella **Cabina di Smistamento (Cds)** del tipo MT/MT, ubicata anche essa nel perimetro dell'impianto fotovoltaico.

Dalla **Cabina di Smistamento** l'energia sarà trasportata, tramite linea in cavo MT a 30 kV nella Sottostazione Elettrica Utente 30/150 kV, in cui avviene la trasformazione di tensione (30/150 kV) e la consegna (in AT a 150 kV) alla SE TERNA 150/380 kV "Brindisi Sud".

Di seguito la configurazione delle Cabine di Campo in relazione al Sottocampo di appartenenza.

Cabina	Potenza [kWp]	Potenza [kVA]	Trafo [kVA]
Sottocampo 1			
A	997,88	900,00	1.000
TOTALE	997,88	900,00	
Sottocampo 2			
B1	3.426,93	3.150,00	3.150
B2	2.113,93	1.800,00	2.000
B3	3.019,90	2.700,00	2.500
B4	3.033,03	2.700,00	2.500
TOTALE	11.593,79	10.350,00	
Sottocampo 3			
C1	2.573,48	2.250,00	2.500
C2	3.229,98	2.925,00	3.150
C3	3.715,79	3.150,00	3.150
C4	3.256,24	2.925,00	3.150
C5	3.243,11	2.925,00	3.150
TOTALE	16.018,60	14.175,00	
Sottocampo 4			
D1	1.654,38	1.575,00	1.600
D2	3.203,72	2.925,00	3.150
TOTALE	3.203,72	2.925,00	

La nuova SSE Utente sarà collegata alla SE TERNA 150/380 kV "Brindisi Sus". Più precisamente, il collegamento si attesterà da una parte allo stallo dedicato AT 150 kV della SE TERNA, dall'altro allo stallo AT delle SSE.

La linea di collegamento alla SSE dalla Cabina di Smistamento sarà composta come nella tabella seguente.

DORSALE ESTERNA									
Tratti	Potenza (kWp)	Tensione (kV)	Corrente (A)	Sezione (mm ²)	Portata	Lunghezza CAD (m)	5%	Ingr. In Cabina (m)	Stima finale (m)
CdS - SSE Linea 1	16.734,19	30,00	328,62	500,00	636 A	12.000	12.600	10	12.610
CdS - SSE Linea 2	16.734,19	30,00	328,62	500,00	636 A	12.000	12.600	10	12.610
Cab D2 - CdS	33.468,37	30,00	657,24						

In estrema sintesi l'impianto di generazione è costituito da:

- a. 66.274 moduli fotovoltaici in silicio monocristallino (collettori solari) di potenza massima unitaria pari a 505 Wp, installati su inseguitori monoassiali da 26 e 13 moduli;
- b. 2.549 stringhe, ciascuna costituita da 26 moduli da 505 Wp ciascuno, collegati in serie. Tensione di stringa 1.118,0 V e corrente di stringa 11,75 A;
- c. 133 Inverter di campo con potenza nominale pari a da 225 kVA, a cui afferiranno un massimo di 21 stringhe (in parallelo);

- d. 12 Cabine di Campo (CdC) contenenti i quadri MT (celle arrivo e partenza linee MT), ed i trasformatori per l'innalzamento della tensione sino a 30 kV. Le CdC sono collegate fra loro con configurazione entra-esce, tramite linee in cavo MT interrato;
- e. Una Cabina di Smistamento, in cui viene raccolta tutta l'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico proveniente dalle 10 Cabine di Campo MT/BT;
- f. linea MT in cavo interrato, per il trasporto dell'energia dalla **Cabina di Smistamento** sino ad una Sottostazione Elettrica Utente (SSE) 30/150 kV, che sarà realizzata nei pressi della Stazione Elettrica (SE) TERNA 150/380 kV "*Brindisi Sud*";
- g. Una Sottostazione Elettrica Utente in cui avviene la raccolta dell'energia prodotta (in MT a 30 kV), la trasformazione di tensione (30/150 kV) e la consegna (in AT a 150 kV). Nella SSE è installato un trasformatore elevatore 30/150 kV, potenza 40/50 MVA, munito di variatore di rapporto sotto carico (150+/- 10 x 1,25%), gruppo vettoriale YNd11, esercito con il centro stella lato AT non collegato a terra;
- h. Gruppi di Misura (GdM) dell'energia prodotta, a loro volta costituiti dagli Apparecchi di Misura (AdM) e dai trasduttori di tensione (TV) e di corrente (TA). Particolare rilievo assumono a tal proposito il punto di installazione degli AdM, il punto e le modalità di prelievo di tensione e corrente dei relativi TA e TV, la classe di precisione dei singoli componenti del GdM;
- i. Apparecchiature elettriche di protezione e controllo BT, MT, AT, ed altri impianti e sistemi che rendono possibile il sicuro funzionamento dell'intera installazione e le comunicazioni al suo interno e verso il mondo esterno, installati all'interno delle CdC, della CdS e della SSE Utente;
- j. Apparecchiature di protezione e controllo dell'intera rete MT e AT.

3. Dimensionamento preliminare dei componenti d'impianto

Come detto, i cavidotti MT possono essere suddivisi in:

- 1) cavidotto interno di collegamento in MT a 30 kV tra le **Cabine di Campo** (in entra-esce) e da queste alla **Cabina di Smistamento (CdS)**;
- 2) dorsale esterna di collegamento CdS (Cabina di Smistamento) SSE, realizzata con due terne di cavi MT sempre a 30 KV;

In sintesi, abbiamo:

- Cavidotti interrati interni all'impianto, in **Media Tensione** a 30 kV sino alla **Cabina di Smistamento**;
- Una linea MT interrata (*dorsale esterna*), realizzata con due terne di cavi in alluminio a 30 kV, di collegamento **CdS-SSE** esistente, di lunghezza pari a circa 12,2 km;
- Corda di rame nuda posata ad intimo contatto con il terreno lungo il percorso del *cavidotto interno* e della dorsale esterna per la messa a terra dell'impianto.

La corda di rame sarà posata anche sul perimetro dell'impianto e all'interno degli scavi per i cavi BT, per la messa a terra delle strutture, degli Inverter di Campo, delle Cabine di Campo.

3.1. ELETTRODOTTI MT INTERNI (rete elettrica interna all'Impianto fotovoltaico per il collegamento dei sotto-campi alla Cabina di Smistamento)

Le **Cabine di Campo** raccolgono l'energia convertita dagli Inverter di campo (da **c.c.** in **c.a.**) e trasformata dai Trasformatori (da **BT** in **MT**). Sono collegate in configurazione entra-esce, a formare 4 sottocampi, l'energia dei quali confluisce alla **CdS (Cabina di Smistamento)**. Questa rete di collegamenti costituisce quello che in premessa abbiamo definito cavidotto interno di collegamento dell'Impianto Fotovoltaico.

La **CdS** sarà collegata a sua volta alla SSE di nuova realizzazione, tramite una doppia terna di cavi MT, che segue un percorso di lunghezza pari a circa 12,2 km. La terna così definita forma la dorsale esterna di collegamento CdS – SSE, il cui dimensionamento sarà visto più avanti.

Lo schema di collegamento dei quattro sottocampi è riportato nel dettaglio nell'elaborato "*Schema a blocchi rete MT Parco fotovoltaico*".

Tutti i cavi MT saranno posati in trincee a cielo aperto ad una profondità di 1,2 m dal piano campagna.

3.1.1. Caratteristiche tecniche delle linee

Nello specifico ogni linea sarà costituita da una terna di cavi MT in alluminio tipo *ARP1H5(AR)E* del tipo *Air Bag*, la cui sezione dipende dalla potenza da trasportare. Nella tabella che segue di riassumono le caratteristiche di ciascun tratto di linea MT interno all'impianto fotovoltaico.

LINEA 1 - SOTTOCAMPO 1									
Tratti	Potenza (kWp)	Tensione (kV)	Corrente (A)	Sezione (mm ²)	Portata	Lunghezza CAD (m)	5%	Ingr. In Cabina (m)	Stima finale (m)
Cab A - CdS	997,88	30,00	19,60	50,00	173 A	1.240,00	1.302,00	10,00	1.312,00

LINEA 2 - SOTTOCAMPO 2									
Tratti	Potenza (kWp)	Tensione (kV)	Corrente (A)	Sezione (mm ²)	Portata	Lunghezza CAD (m)	5%	Ingr. In Cabina (m)	Stima finale (m)
Cab B2- Cab B1	2.113,93	30,00	41,51	50,00	173 A	42,00	44,10	10,00	54,10
Cab B1- Cab B3	5.540,86	30,00	108,81	50,00	173 A	307,00	322,35	10,00	332,35
Cab B3- Cab B4	8.560,76	30,00	168,11	95,00	254 A	240,00	252,00	10,00	262,00
Cab B4 - CdS	11.593,79	30,00	227,68	120,00	290 A	106,00	111,30	10,00	121,30

LINEA 3 - SOTTOCAMPO 3									
Tratti	Potenza (kWp)	Tensione (kV)	Corrente (A)	Sezione (mm ²)	Portata	Lunghezza CAD (m)	5%	Ingr. In Cabina (m)	Stima finale (m)
Cab C1- Cab C2	2.573,48	30,00	50,54	50,00	173 A	23,89	25,08	10,00	35,08
Cab C2- Cab C3	5.803,46	30,00	113,97	50,00	173 A	129,57	136,05	10,00	146,05
Cab C3- Cab C4	9.519,25	30,00	186,94	95,00	254 A	24,12	25,33	10,00	35,33
Cab C4- Cab C5	12.775,49	30,00	250,88	185,00	368 A	254,30	267,02	10,00	277,02
Cab C5- CdS	16.018,60	30,00	314,57	240,00	428 A	113,56	119,24	10,00	129,24

LINEA 4 - SOTTOCAMPO 4									
Tratti	Potenza (kWp)	Tensione (kV)	Corrente (A)	Sezione (mm ²)	Portata	Lunghezza CAD (m)	5%	Ingr. In Cabina (m)	Stima finale (m)
Cab D1- Cab D2	1.654,38	30,00	32,49	50,00	173 A	42,00	44,10	10,00	54,10
Cab D2 - CdS	4.858,10	30,00	95,40	50,00	173 A	106,00	111,30	10,00	121,30

Stima lunghezza cavi MT (in m)

I valori delle correnti sono stati ottenuti applicando la formula

$$I_{b,max} = \frac{P_{max}}{\sqrt{3} V_n \cos \varphi}$$

considerando a vantaggio di sicurezza, le potenze installate e non quelle nominali. Si vede facilmente, confrontando la I_b con la I_z , relativa a ciascuna sezione, che le sezioni scelte sono bene in grado di trasportare le potenze generate dai vari sotto-campi.

3.2. ELETTRODOTTO DI COLLEGAMENTO ALLA SSE (dorsale esterna)

3.2.1. Generalità

Il percorso del tracciato dell'elettrodotto di collegamento alla **SSE (dorsale esterna)**, è stato studiato tenendo conto dei seguenti criteri progettuali:

- contenere per quanto possibile la lunghezza del tracciato sia per occupare la minor porzione possibile di territorio, sia per non superare certi limiti di convenienza tecnico economica;
- mantenere il tracciato del cavo il più possibile all'interno delle strade esistenti, soprattutto in corrispondenza dell'attraversamento di nuclei e centri abitati, tenendo conto di eventuali trasformazioni ed espansioni urbane future;
- evitare per quanto possibile di interessare case sparse e isolate, rispettando le distanze minime prescritte dalla normativa vigente;
- minimizzare l'interferenza con le eventuali zone di pregio naturalistico, paesaggistico e archeologico;

Inoltre, per quanto riguarda l'esposizione ai campi magnetici, in linea con il dettato dell'art. 4 del DPCM 08-07-2003 di cui alla Legge. n° 36 del 22/02/2001, i tracciati sono stati eseguiti tenendo conto dell'obiettivo di qualità di $3 \mu T$.

3.2.2. Descrizione del tracciato del cavidotto

Il collegamento tra la **Cabina di Smistamento Utente (CdS)** e la futura Sottostazione Elettrica Utente (**SSE**), prevede l'interramento di un alinea MT a 30 kV, a profondità di min. 1,2 m. Il cavidotto si "svolgerà" per circa 7.550 m su strade asfaltate pubbliche e per circa 4.650 su strade sterrate o particelle private.

3.2.3. Opere attraversate

Lungo il percorso del cavidotto potrebbero essere presenti alcune interferenze con altri sottoservizi, in particolare:

- interferenze con condotte AQP;
- interferenze con linee TELECOM;
- interferenze con linee MT di altri produttori;
- interferenze con tubazioni gas.

Queste saranno oggetto di dettagliato e rilievo puntuale, in fase di Progettazione Esecutiva.

Per la risoluzione delle stesse ci si rimetterà ad ogni modo, alle indicazioni dettata dagli stessi Enti proprietari dei sottoservizi di cui sopra, in sede di Conferenza di Servizi.

3.2.4. Caratteristiche tecniche del cavidotto di collegamento alla CdS (dorsale esterna)

Come detto, il cavidotto costituisce l'elemento di collegamento tra la **Cabina di Smistamento (CdS)**, situata sul perimetro dell'impianto fotovoltaico (la cui funzione è quella di raccogliere tutta l'energia prodotta dall'Impianto) e la SSE.

L'elettrodotto dovrà assicurare una portata nominale di 29.925 kVA, pari cioè alla potenza totale dell'impianto in oggetto.

L'elettrodotto consisterà in due terna di cavi interrati in alluminio.

Per i calcoli si è considerata la potenza totale erogata dai moduli fotovoltaici.

La corrente massima che interessa la dorsale esterna è la seguente:

$$I_{b_max} = \frac{P_{max}}{\sqrt{3} V_n \cos \varphi} = \frac{33.468,37 * 10^6}{0,98 * \sqrt{3} * 30 * 10^3} = \mathbf{657,26 \text{ A}} \quad (1)$$

3.2.5. Dimensionamento del cavidotto

La linea sarà realizzata interamente in cavo interrato in modo da ridurre al minimo l'impatto ambientale.

3.2.6. Caratteristiche tecniche della linea

I cavi utilizzati saranno del tipo ARP1H(AR)E unipolare ad isolamento con elastomero termoplastico con conduttori di alluminio, aventi una sezione nominale di 400 mmq. I conduttori saranno posati a trifoglio. Le caratteristiche dei suddetti cavi sono riportate nella figura di seguito **Fig. 1**

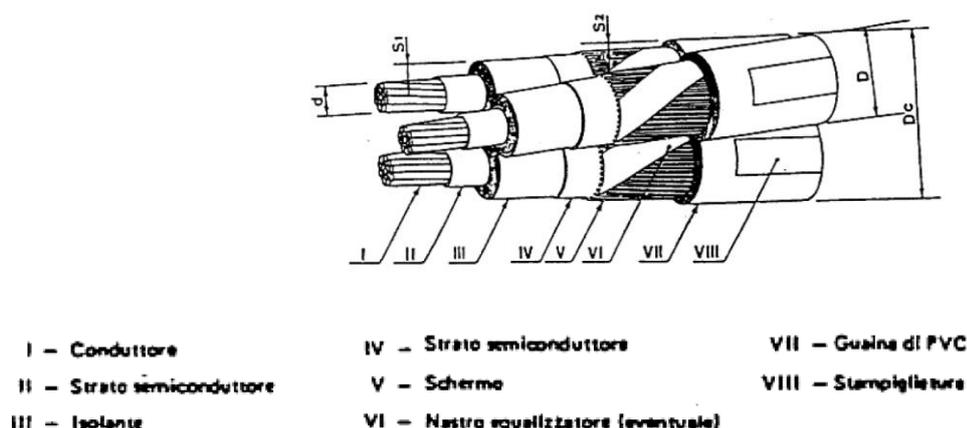


Fig. 1 – caratteristiche cavi unipolari

L'isolamento sarà costituito da mescola in elastomero termoplastico con una temperatura di sovraccarico massima pari a 140° C.

La corrente prodotta dall'impianto calcolata utilizzando la (1) è pari a **657,26 A**

3.2.7. Calcolo della portata massima della linea MT

I cavi sono posati in trincee a cielo aperto senza protezione meccanica supplementare (posa diretta). Al momento a seguito di analisi a vista dello stato dei luoghi non sono stati rilevati lungo il percorso del cavo MT altri sotto servizi. È tuttavia possibile che nell'ambito dell'iter autorizzativo società o enti segnalino la presenza di condotte e/o cavidotti interferenti e che si debba ricorrere ad attraversamenti in TOC. L'utilizzo della TOC non è peraltro strettamente necessario per risolvere incroci o interferenze dal momento che si potrebbe in ogni caso utilizzare scavi a cielo aperto. Ad ogni modo solo in corrispondenza degli attraversamenti in TOC i cavi saranno posati all'interno di tubazioni (diametro 225/250 mm). Tali condizioni di posa sono da considerare le più gravose dal punto di vista termico, poiché abbiamo quattro terne che viaggiano all'interno di quattro tubazioni fra loro affiancate.

Tuttavia nel calcolo delle perdite che segue, atteso che i tratti in TOC qualora presenti saranno di lunghezza limitata, si farà riferimento alle modalità di posa prevalenti ovvero **posa direttamente interrata ad intimo contatto con il terreno senza l'utilizzo di sabbia**.

Il calcolo delle portate dei cavi è stato calcolato facendo riferimento alle tabelle sotto riportate.

In particolare la portata è stata calcolata partendo dalla seguente tabella.

Il costruttore dichiara che la portata di corrente espressa in Ampere è calcolata secondo il metodo della IEC 60287, ed i calcoli sono riferiti alle seguenti condizioni di riferimento:

- 1) Temperatura ambiente per posa interrata: 20°C
- 2) Profondità di posa per tensione di esercizio di 30 KV: 1,0 m
- 3) La resistività termica 1°C m/W per terreno o sabbia con normale contenuto di umidità
- 4) Schermi metallici collegati a terra e messi a terra ad entrambe le estremità.

La portata effettiva del cavo è stata poi calcolata in relazione alle condizioni di posa effettive facendo riferimento ai coefficienti di correzione riportati dal costruttore nel documento [1], ed alla formula (norma IEC 60502-2):

$$I_z = I_0 \times k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4$$

Dove

I_0 = portata del conduttore dichiarata dal costruttore

k_1 = coefficiente di correzione per posa di più terne affiancate

k_2 = coefficiente di correzione per temperatura del terreno diversa da quella di riferimento

k_3 = coefficiente di correzione per profondità di posa diversa da quella di riferimento

k_4 = coefficiente di correzione per resistività termica del terreno diversa da quella di riferimento

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

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

Dati costruttivi / Construction charact. - 18/30 kV

50	8,2	24,8	38	1060	540
70	9,7	25,1	38	1110	550
95	11,4	26,0	39	1200	560
120	12,9	26,9	40	1300	580
150	14,0	27,6	41	1390	580
185	15,8	29,0	42	1540	610
240	18,2	31,4	45	1790	630
300	20,8	34,6	49	2160	690
400	23,8	37,8	53	2570	750
500	26,7	40,9	56	3020	790
630	30,5	45,5	61	3640	860

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

50	195	173	129
70	242	212	158
95	293	254	190
120	339	290	217
150	382	324	242
185	439	368	275
240	519	428	320
300	599	486	363
400	700	557	416
500	812	636	475
630	943	725	541

Come detto la posa sarà diretta, ovvero i cavi saranno posati direttamente sul fondo dello scavo. Solo per brevi tratti i cavi saranno eventualmente posati in tubazioni: in corrispondenza in corrispondenza delle TOC.

Inoltre è previsto che lungo tutto il percorso ci siano due terne di cavi affiancate, ad una distanza di 10 cm circa tra una terna e l'altra.

Abbiamo quindi:

distanza tra cavi o terne (in orizzontale)	numero di cavi o terne (in orizzontale)			
distance between cables or systems (horizontally) (cm)	2	3	4	6
7	0,84	0,74	0,67	0,60
25	0,86	0,78	0,74	0,69

Pertanto, considerando di avere una distanza tra le terne di poco superiore a 7 cm (10 cm circa), abbiamo:

$$k_1 = 0,84$$

La temperatura del terreno si pone pari a 20°C ovvero uguale a quella di riferimento indicata dal costruttore, pertanto:

$$k_2 = 1$$

La profondità di posa è pari a 1,2 m, abbiamo:

Cavi posati in terra / Buried cables

profondità di posa (m)			
laying depths (m)			
0,80	1,00	1,2	1,5
1,02	1,00	0,98	0,96

Pertanto

$$k_3 = 0,98$$

Per quanto attiene la resistenza termica, abbiamo

resistenza termica			
thermal resistivity (K m/W)			
0,80	1,0	1,2	1,5
1,08	1,00	0,93	0,85

Inoltre sempre il costruttore dichiara che le resistività termiche sono intese uniformi e:

- Resistenza termica = 1°C m/W per terreno o sabbia con normale contenuto di umidità
- Resistenza termica = 1,2°C m/W per terreno o sabbia poco umidi
- Resistenza termica = 1,5 °C m/W per terreno o sabbia scarsamente umidi

Il terreno dell'area è in linea generale di tipo roccioso con normale contenuto di umidità, pertanto possiamo considerare che il valore della resistenza termica sia pari a 1°C m/W, e pertanto

$$k_4 = 1,00$$

In definitiva abbiamo che il coefficiente di riduzione totale è pari a:

$$k_{tot} = 0,84 \times 1 \times 0,98 \times 1,00 = 0,82$$

Si è scelto di utilizzare come

Si è scelto di utilizzare per i cavi, una sezione di 500 mm² posati a trifoglio per cui si ha una portata pari a **636 A**

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

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

sezione nominale	posa in aria a trifoglio	posa interrata a trifoglio ρ=1 °C m/W	posa interrata a trifoglio ρ=2 °C m/W
conductor cross-section	open air installation trefoil	underground installation trefoil ρ=1 °C m/W	underground installation trefoil ρ=2 °C m/W
(mm ²)	(A)	(A)	(A)

Dati costruttivi / Construction charact. - 12/20 kV

50	8,2	18,0	31	720	440
70	9,7	19,1	32	810	450
95	11,4	20,6	34	920	480
120	12,9	22,1	35	1040	490
150	14,0	23,4	37	1150	520
185	15,8	25,6	39	1330	550
240	18,2	27,8	41	1570	580
300	20,8	31,0	45	1840	630
400	23,8	34,9	49	2310	690
500	26,7	37,1	52	2720	730
630	30,5	41,5	57	3300	800

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

50	193	173	129
70	240	213	157
95	292	255	190
120	338	291	217
150	381	325	243
185	439	369	276
240	520	430	321
300	601	487	363
400	703	558	417
500	816	637	476
630	949	726	542

Dati costruttivi / Construction charact. - 18/30 kV

50	8,2	24,8	38	1060	540
70	9,7	25,1	38	1110	550
95	11,4	26,0	39	1200	560
120	12,9	26,9	40	1300	580
150	14,0	27,6	41	1390	580
185	15,8	29,0	42	1540	610
240	18,2	31,4	45	1790	630
300	20,8	34,6	49	2160	690
400	23,8	37,8	53	2570	750
500	26,7	40,9	56	3020	790
630	30,5	45,3	61	3640	860

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

50	195	173	129
70	242	212	158
95	293	254	190
120	339	290	217
150	382	324	242
185	439	368	275
240	519	428	320
300	599	486	363
400	700	557	416
500	812	636	475
630	943	725	541

tabella per la scelta delle sezioni dei cavi MT tipo ARP1H5(AR)E

Tenuto conto dei coefficienti **k** sopra calcolati, la portata effettiva della terna MT sarà pari a:

Sezione nominale	Portata nominale I ₀ [A]	Coefficiente di riduzione k _{tot}	Portata effettiva I _e da calcolo [A]
500 mm ²	636	0,82	518,24

Poiché si è scelto di utilizzare 2 terne di cavi MT, la portata per ciascuna di esse sarà pari a $657,26 / 2 = 328,62 \text{ A}$. Dal confronto tra I_b e I_z , risulta che essendo $I_b = 328,62 \text{ A}$ e $I_z = 518,24 \text{ A}$, la sezione scelta, è idonea a trasportare la corrente data.

3.2.8. Calcolo delle perdite sulle linee MT

Nel caso di un progetto fotovoltaico la potenza generata, e quindi la corrente immessa nei cavi, dipende dall'intensità dell'irraggiamento. Pertanto il punto di partenza per il calcolo delle perdite è stato quello di considerare le distribuzioni medie durante l'anno della potenza generata, ovvero il numero di ore per le quali l'impianto produce una certa potenza.

Le perdite di linea sono state calcolate con la formula

$$\Delta P = \rho * \frac{L}{2 * S} * \frac{P^2}{(V * \cos \varphi)^2}$$

Dove

ρ è la resistività della lega di alluminio utilizzata per i cavi elettrici espressa in $\Omega \text{ mmq/km}$

L è la lunghezza della linea espressa in km

S è la sezione del conduttore di alluminio espressa in mm^2

P è la potenza che attraversa la linea espressa in MW

V è la tensione di distribuzione nel nostro caso pari a 30 kV (quindi espressa in kV)

$\cos \varphi$ è il fattore di potenza assunto pari a 0,98

Per la determinazione del valore della resistività dell'alluminio si è proceduto come di seguito.

Alla temperatura di 20°C la lega di alluminio (99% di Al) utilizzata per realizzare i cavi elettrici ha una resistività

$$\rho (20^\circ\text{C}) = 32,5 \Omega \text{ mmq/km}$$

con coefficiente di temperatura pari a

$$\alpha = 3,6 \cdot 10^{-3} / ^\circ\text{C}$$

Trattasi dei valori massimi ammessi dalle Norme CEI di riferimento.

Sarà considerata una temperatura di esercizio del conduttore pari a 70°C, pertanto adottando la formula

$$\rho (70^{\circ}\text{C}) = \rho (20^{\circ}\text{C}) + \rho (20^{\circ}\text{C}) \times \alpha (70-20)$$

otteniamo:

$$\rho (70^{\circ}\text{C}) = 38,35 \Omega \text{ mmq/km}$$

ed è quest'ultimo il valore della resistività dell'alluminio che adotteremo nei nostri calcoli. Si fa presente che tale valore è perfettamente in linea (di poco superiore) con i dati di resistività del costruttore dei cavi. Tuttavia il costruttore fornisce tali valori per una temperatura di funzionamento di 90°C, che riteniamo troppo alta. Ciò in base a misurazioni effettuate in passato in condizioni analoghe di funzionamento dei cavi (sono state registrate temperature di circa 65°C) e in relazione al fatto che i cavi lavorano spesso con portate che non corrispondono a quella massima.

Le perdite di carico sono state quantificate per la coppia di terne MT in partenza dalla Cabina di Smistamento, per una lunghezza quindi di 12,2 km.

In definitiva su una Produzione stimata pari a **67.204.503,18 KWh/anno**, è stata quantificata una perdita di energia pari a **758.952,07 kWh/anno**, pari a **1,13 %**.

3.3. CAVIDOTTO AT (di collegamento tra la SSE Utente e la SE Terna "Brindisi Sud")

Per la connessione della SSE di trasformazione MT/AT alla SE Terna sarà utilizzato un cavo AT anche esso interrato che correrà lungo un percorso di 500 m circa, su terreni agricoli o su strada asfaltata.

Il cavo avrà le seguenti principali caratteristiche tecniche

- Conduttore: Alluminio
- Isolamento: XLPE
- Guaina: Alluminio termofuso
- Diametro conduttore 48,9 mmq
- Sezione del conduttore: 1600 mmq
- Spessore del semiconduttore interno: 2 mm
- Spessore medio isolante: 15,8 mm

- Spessore del semiconduttore esterno: 1,3 mm
- Spessore guaina metallica (circa): 0,6 mm
- Spessore guaina: 4 mm
- Diametro esterno nominale: 100 mm
- Sezione schermo: 180 mmq
- Peso approssimativo: 10 kg/m
- Massima tensione di funzionamento: 170 kV
- Messa a terra degli schermi – posa a trifoglio o posa in piano: assenza di circolazioni
- Portata di corrente posa a trifoglio, cavi interrati a 30°C: 970 A
- Portata di corrente posa in piano, cavi interrati a 30°C: 1050 A
- Massima elettrica del conduttore a 20àC in c.c.: 0,019 Ohm/km
- Capacità nominale: 0,3 microF/km
- Corrente ammissibile di corto circuito: 20 kA
- Tensione operativa 150 kV

La terna di cavi sarà posata all'interno di una trincea avente profondità di 1,5 m. I cavi saranno posati su letto di sabbia e completamente annegati essi stessi nella sabbia.

Data la brevità del percorso non sono previsti giunti intermedi.

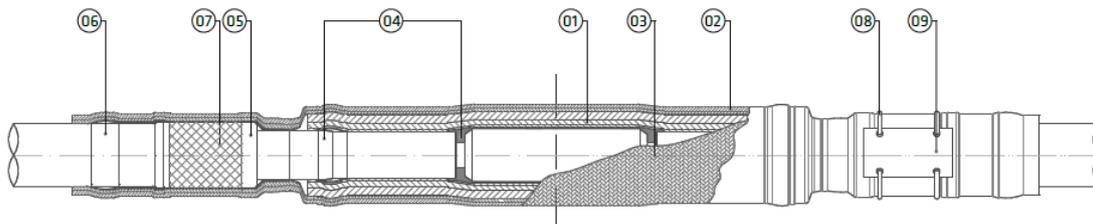
I terminali saranno realizzati con schermi messi a terra da entrambi i lati (SSE e SE Terna).

3.4. Giunti cavi MT

Per le tratte non coperte interamente dalle pezzature di cavo MT disponibile (circa 1.000 m), si dovrà provvedere alla giunzione di due spezzoni.

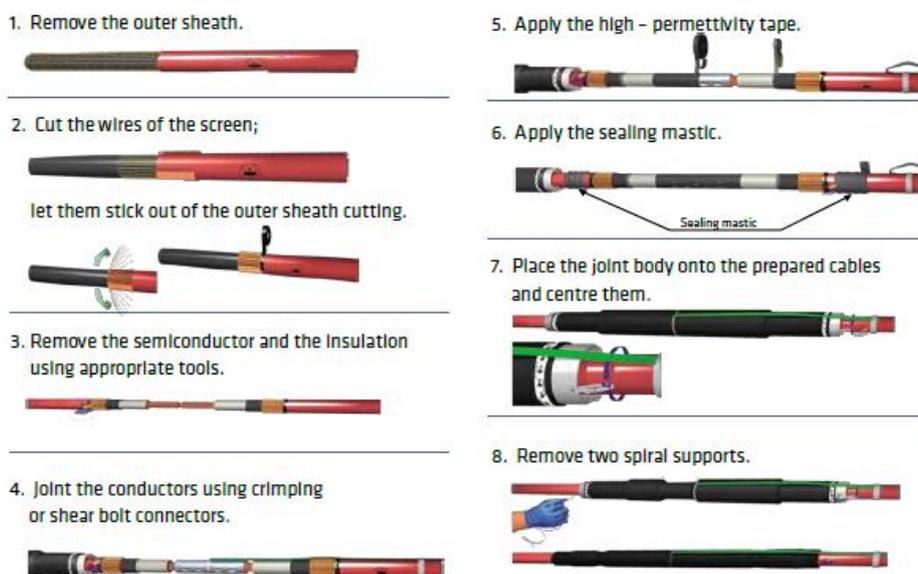
In linea generale definiamo “*giunzione*” la giunzione tripolare delle tre fasi del conduttore più la messa a terra dello schermo. Quindi la giunzione sarà costituita da tre terminali unipolari (connettore di interconnessione) e tre corredi per terminazione unipolare. Le giunzioni elettriche saranno realizzate mediante l'utilizzo di connettori del tipo diritto, a compressione (giunto), adeguati alle caratteristiche e tipologie dei cavi sopra detti.

Le giunzioni saranno effettuate in accordo con la norma CEI 20-62 seconda edizione ed alle indicazioni riportate dal Costruttore dei giunti. Saranno realizzati con guaine auto-restringenti montate in fabbrica su tubo di supporto, che assicurano la ricostruzione dell'isolamento e della protezione meccanica, e il mantenimento delle caratteristiche elettriche del cavo.



Pos.	Descrizione	Pos.	Descrizione
1	Manica a tre strati	6	Nastro in mastice auto sigillante
2	Guaina a due strati	7	Nastro in rame in rilievo
3	Rete in rame	8	Striscia in pvc
4	Nastro ad alta permittività	9	Etichetta di identificazione
5	Nastro in pvc		

Si riporta una descrizione grafica della procedura di esecuzione del giunto:



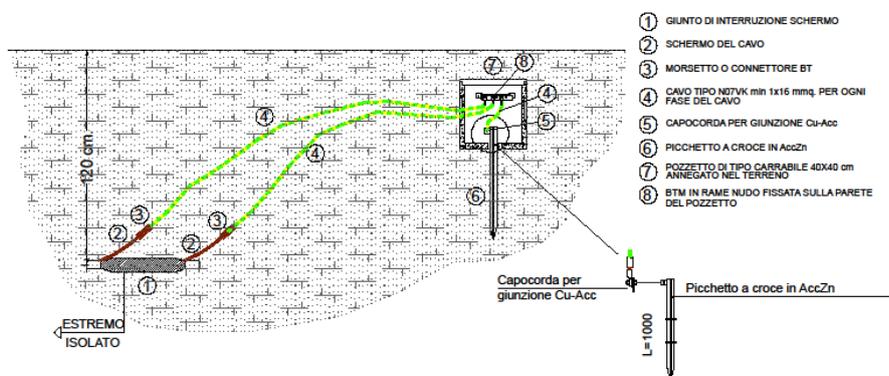
Eseguito il giunto sarà posto in opera un "ball-marker" passivo non deteriorabile interrato con codice di riconoscimento a cui si assoceranno le informazioni relative al giunto. Inoltre il giunto, prima del rinterro, sarà coperto con una protezione meccanica da realizzare con tegoli in pvc o in cav e un letto di sabbia in cui annegare il giunto di almeno 20 cm.

Infine la posizione dei giunti sarà individuata su cartografia in scala 1:5.000, sulla quale saranno riportate le coordinate WGS84 di ciascuno di essi.

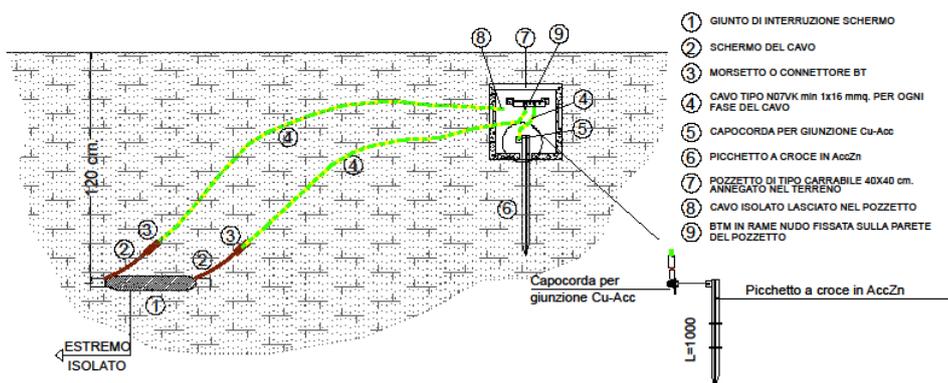
Nel particolare caso del nostro cavidotto di collegamento **CdS-SSE** di lunghezza pari a 9,9 km circa, si prevede l'esecuzione di 10 giunti. In corrispondenza dell'ultimo, verrà eseguita la messa a terra dello schermo dei cavi secondo lo schema riportato in figura.

Inoltre in corrispondenza della buca giunti, per le terne di cavi unipolari non avvolti ad elica visibile sarà eseguita la trasposizione delle fasi.

GIUNTO TERRA-SCHERMO



GIUNTO DI INTERRUZIONE SCHERMO



Per il cavidotto interno di collegamento fra i *sotto-campi*, la messa a terra degli schermi sarà eseguita solo sui terminali, dal momento che i tratti sono molto brevi; il tratto più lungo si ha tra la Cabina D e

la Cabina E, pari a circa 1.100 m. In pratica lo schermo dei cavi sarà collegato al collettore di terra di ciascuna Cabina di Campo, così come il quadro MT ove si attestano i cavi.

La messa a terra degli schermi unitamente alla trasposizione delle fasi permette di annullare di fatto la corrente indotta negli schermi dei cavi. Questo in base alle seguenti considerazioni:

- 1) Per attribuire ad ogni fase la stessa reattanza i conduttori devono essere disposti ai vertici di un triangolo equilatero ed in tal caso non c'è bisogno di ruotare ciclicamente i conduttori, sia che si tratti di corde di linee aeree che di cavi unipolari interrati. Se le corde od i cavi unipolari non sono a disposizione equilatera (come nel caso in esame, in cui difficilmente potrà essere rispettata la disposizione a trifoglio) si deve effettuare la rotazione in modo che mediamente ogni conduttore venga a trovarsi nella stessa posizione rispetto agli altri due.
- 2) Gli schermi se messi a terra permettono di abbassare la reattanza d'esercizio del cavo. Contemporaneamente però si aumenta la resistenza apparente di fase, quindi le perdite di potenza a parità di corrente trasportata, a causa delle perdite dovute alle correnti indotte negli schermi. Per ridurre tali correnti in linee lunghe, indipendentemente dalla disposizione dei cavi, si tagliano gli schermi e si ricorre alla rotazione dei collegamenti, o trasposizione. In ogni schermo in tal modo sono indotte correnti dalle correnti di tutte e tre le fasi e non di una sola, come con lo schermo integro, e poiché la somma delle correnti di fase è nulla, anche la totale corrente indotta in ciascuno schermo è nulla.

Inoltre la trasposizione delle fasi permette di minimizzare l'induzione magnetica già a breve distanza dall'asse della linea: infatti i campi di induzione prodotti dalle diverse fasi tendono a cancellarsi ad una certa distanza, in modo più marcato di quanto non avvenga in un elettrodotto posato a trifoglio.

4. Dimensionamento preliminare della rete di terra (Impianto fotovoltaico)

Costituiscono parte integrante della presente relazione gli elaborati di progetto definitivo relativi a *Rete di terra parco fotovoltaico* a cui si rimanda.

4.1. Rete di terra di impianto fotovoltaico

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

- un anello perimetrale in corda nuda di rame 50 mmq, posata ad una quota non inferiore a 0,50 m da piano di campagna;
- un anello perimetrale in corda nuda di rame 50 mmq posizionato sul perimetro di ciascuna Cabina di Campo e della Cabina di Smistamento, collegato poi all'anello perimetrale di cui al punto precedente;

- una rete di corda di rame 50 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 alle vie cavi BT, quindi seguirà il suo stesso schema;

Quanto sopra riportato è dettagliatamente descritto negli elaborati grafici di progetto concernenti la rete di terra dell'impianto fotovoltaico.

4.1.1. Verifiche di idoneità dell'impianto

Lo scopo per il quale viene realizzato l'impianto di terra è duplice:

- protezione delle persone e delle apparecchiature in caso di guasti a terra del sistema elettrico;
- dispersione a terra della corrente indotta da scariche atmosferiche in caso di fulminazioni sulle strutture metalliche di sostegno dei moduli.

Per il dispersore di impianto fotovoltaico, la definizione numerica dei valori di progetto non è definibile con certezza, in assenza delle indicazioni tecniche del Gestore di Rete. In particolare solo con specifica comunicazione da parte di ENEL saranno disponibili i dati relativi alla corrente di guasto a terra ed al tempo di intervento delle protezioni, sulla scorta dei quali è possibile verificare la tensione di contatto ammissibile.

Si procederà anche in questo caso ad un dimensionamento standard sulla base delle caratteristiche delle strutture, delle apparecchiature in campo e del terreno di fondazione e, nel corso d'opera, all'esecuzione di misure in campo. Nel caso di esito insufficiente di tali misure si procederà ad integrare i singoli dispersori di terra, estendendone la superficie con ulteriori anelli concentrici a quello in progetto, opportunamente collegati, ed aggiungendo dispersori puntuali, a piastra o a picchetto a seconda della tipologia del terreno di posa.

4.1.2. Efficienza dell'impianto di terra per tensioni di contatto

La Norma CEI 99-3 definisce le tensioni contatto ammissibili (U_{Tp}) in funzione della durata del guasto a terra. L'efficienza dell'impianto di terra è verificata dal confronto tra la tensione di terra (U_E) e tensioni contatto ammissibili (U_{Tp}), in particolare, se

$$U_E < U_{Tp}$$

la Norma CEI 99-3 stabilisce che l'impianto di terra è sicuramente efficiente in termini di protezione delle persone da tensioni di contatto determinate dal funzionamento degli impianti di terra per effetto delle correnti di guasto a terra.

Si fa presente che la Norma CEI 99-3 fa riferimento in realtà alla relazione:

$$U_T < U_{Tp}$$

dove U_T è la tensione di contatto effettiva. Tuttavia poiché risulta $U_E > U_T$, la condizione $U_E < U_{Tp}$ è sicuramente a favore della sicurezza.

4.2. Rete di terra Cabina di Smistamento e delle Cabine di Campo

La realizzazione dell'impianto di terra dei fabbricati Cabine Elettriche, consisterà nelle seguenti attività:

- Installazione di collettori di terra in piatto di rame 60x6 mm sulle pareti;
- Esecuzione delle derivazioni di messa a terra delle masse metalliche fisse verso i collettori, con piatto di rame 40x3 mm;
- Conessioni di continuità elettrica delle carpenterie mobili, con conduttori flessibili di sezione:
 - 50 mmq per la messa a terra dei pannelli mobili (ante di celle ed armadi);
 - 70 mmq per la messa a terra delle parti mobili tipo aste di manovra.
- Posa e collegamento, con doppio cavo in rame da 70mmq, alla rete di terra del fabbricato che sarà, a sua volta, così costituita:
 - anello perimetrale di forma rettangolare in corda di rame nudo di sezione 50 mmq a 7 fili elementari posata a quota -0,65 m, con sviluppo totale L_P del conduttore perimetrale pari a:
 $L_P = 40 \text{ m}$
 - n. 4 dispersori puntuali a picchetto in profilato di acciaio, di lunghezza pari a 1,5 m, posizionati in prossimità dei vertici dell'anello. In alternativa potranno essere utilizzati n. 4 dispersori a piastra in acciaio zincato di lato pari a 0,6 m.

L'installazione dei collettori di terra e delle derivazioni alle masse metalliche dovrà essere opportunamente distanziata dalla parete mediante interposizione di distanziali in resina autoestinguente, ed il fissaggio a parete dovrà essere eseguito con viti in acciaio e tasselli in PVC.

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).

5. Dimensionamento preliminare dell'Impianto di illuminazione (*Parco Fotovoltaico*)

L'Impianto Fotovoltaico in progetto, sarà dotato di un impianto di illuminazione perimetrale costituito da:

- Tipo lampada: Proiettori LED, $P_n = 250W$
- Tipo armatura: proiettore direzionabile
- Numero lampade: 360;
- Numero palificazioni: 180;
- Funzione: illuminazione interno impianto notturna e anti-intrusione;
- Distanza tra i pali: circa 40 m.

Il suo funzionamento sarà **esclusivamente legato alla sicurezza dell'impianto**. Ciò significa che qualora dovesse verificarsi una intrusione durante le ore notturne, il campo verrà automaticamente illuminato a giorno dai proiettori a led, installati sugli stessi pali montanti le telecamere dell'impianto di videosorveglianza. Quindi sarà a funzionamento discontinuo ed eccezionale. Inoltre la direzione di proiezione del raggio luminoso, sarà verso il basso, senza quindi oltrepassare la linea dell'orizzonte o proiettare la luce verso l'altro.

Da quanto appena esposto si può evincere che detto impianto di illuminazione **è conforme a quanto riportato all'art.6 della L.R. N.15/05 "Misure urgenti per il contenimento dell'inquinamento luminoso e per il risparmio energetico", ed in particolare al comma 1, lettere a), b), e) ed f).**

Come detto, l'Impianto sarà costituito da proiettori a Led montati su pali zincati di altezza pari a 3,50 m. Dal Quadro di Bassa Tensione posizionato all'interno di ciascuna Cabina di Campo, partiranno le linee di alimentazione in BT. Ogni Cabina alimenterà quindi un certo numero di proiettori (max 36) tramite 3 linee elettriche trifase a 400 V. Ogni linea alimenterà a sua volta massimo 12 proiettori.

Ogni linea sarà dotata di 1 interruttore magnetotermico alloggiato anch'esso nel Quadro Ausiliari di Cabina. Le linee elettriche saranno costituite da cavi del tipo FG16OR16 da 10 mm².

Avremo per ogni proiettore luminoso da 250 W, una corrente necessaria pari a:

$$I_{b_max} = \frac{P_{max}}{\sqrt{3} V_n \cos \varphi} = \frac{250.}{0,92 * \sqrt{3} * 400} = \mathbf{0,4 A}$$

Come si vede su ciascuna linea la Caduta di Tensione CdT rimane contenuta sotto il 4%.

Il conduttore scelto da 6 mm² ha una portata nominale (per cavo interrato in tubo) pari a:

55 A. Quindi un tale conduttore è ben in grado di addurre la corrente necessaria ai proiettori per ciascuna delle 3 linee di alimentazione. Tale sezione è stata scelta per sopperire alle perdite di carico dovute alla lunghezza delle linee di alimentazione (min 550 m).

FG160R16

sezione nominale	di diametro indicativo conduttore	spessore medio isolante	di diametro esterno massimo	peso indicativo del cavo	resistenza massima a 20 °C in c. c.	portata di corrente (A) con temperatura ambiente di 30 °C in aria	portata di corrente (A) con temperatura ambiente di 20 °C interrato in tubo	portata di corrente (A) con temperatura ambiente di 20 °C interrato	raggio minimo di curvatura	
conductor cross-section	approximate conductor diameter	average insulation thickness	maximum outer diameter	approx. weight	maximum DC resistance at 20 °C	in open air at 30 °C	in duct in air at 30 °C	permissible current rating (A) in buried duct at 20 °C	buried at 20 °C	minimum bending radius
(mm²)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(Ω/km)			ρ=1°C m/W	ρ=1,5 °C m/W	(mm)

4 conduttori con giallo/verde / 4 cores with yellow/green - tab. CEI-UNEL 35318

1,5	1,5	0,7	13,4	200	13,3	23	19,5	20	19	30	26	121
2,5	2,0	0,7	14,6	260	7,98	32	26,0	26	25	40	36	131
4,0	2,5	0,7	16,0	330	4,95	42	35,0	33	32	51	45	144
6,0	3,0	0,7	17,5	430	3,30	54	44,0	43	41	65	56	157
10,0	3,9	0,7	19,8	640	1,91	75	60,0	59	55	88	78	178
16,0	5,0	0,7	22,4	900	1,21	100	80,0	76	72	114	101	202
25,0	6,4	0,9	26,8	1300	0,780	127	105,0	100	93	148	130	241
35+1G25	7,7	0,9	29,2	1650	0,554	158	128,0	122	114	178	157	263
50+1G25	9,2	1,0	32,4	2200	0,386	192	154,0	152	141	211	185	292
70+1G35	11,0	1,1	37,0	3000	0,272	246	194,0	189	174	259	227	333
95+1G50	12,5	1,1	42,0	3900	0,206	298	233,0	226	206	311	274	378
120+1G70	14,2	1,2	46,9	4700	0,161	346	268,0	260	238	355	311	422

5.1.1. Protezioni contro i contatti diretti

La protezione contro i contatti indiretti sarà assicurata dall'installazione di apparecchiature elettriche, in particolare i corpi illuminanti, con un grado di protezione non inferiore a IP44. Una ulteriore protezione è garantita dalla presenza di interruttori con modulo differenziale a alta sensibilità.

5.1.2. Caduta di tensione

Secondo norma CEI 64-8 sez.525 la caduta di tensione nel circuito non deve superare il 4%, e viene stimata utilizzando la relazione:

$$\Delta U = K \times I \times L \times (R \cos\phi + X \sin\phi)$$

con:

K = 2 per linee monofase (230 V);

K = 1.73 per linee trifase (400 V);

I = corrisponde alla corrente di impiego del circuito (Ib);

L = lunghezza della linea;

R = è la resistenza del conduttore per unità di lunghezza (per km) e varia in relazione alla sezione del conduttore stesso

X = è la reattanza del conduttore per unità di lunghezza (per km) e varia in relazione alla sezione del conduttore stesso

Nei calcoli si assumerà un valore per il fattore di potenza, pari a $\cos\phi = 0.92$ ($\sin\phi=0,39$).

Inoltre per semplificare il calcolo ed essere conservativi si farà l'ipotesi che tutto il carico sia concentrato a 2/3 della lunghezza della linea. Il carico ovviamente dipenderà dal numero di lampade che sono alimentate dal circuito.

La caduta di tensione percentuale sarà ottenuta con la formula

$$\Delta U\% = \Delta U / U \times 100$$

Dove U è la tensione di linea, ovvero 400 V.

Dalla tabella sotto riportata è evidente che la caduta di tensione sulla singola linea di alimentazione è per tutte le linee ampiamente inferiore al **4%**. Pertanto le sezioni dei conduttori sono da considerare corrette.

Cabina	Linea	Sez. Linea	Sezione Derivazione	Num. Proiettori	Carico (kW)	Lunghezza Linea (km)	CdT
A	LA.1	4x6 mm ²	2x4 mm ²	12	3	0,725	3,45%
	LA.2	4x6 mm ²	2x4 mm ²	12	3	0,725	3,45%
	LA.3	4x6 mm ²	2x4 mm ²	12	3	0,725	3,45%
B1	LB1.1	4x6 mm ²	2x4 mm ²	10	2,5	0,555	2,20%
	LB1.2	4x6 mm ²	2x4 mm ²	10	2,5	0,555	2,20%
	LB1.3	4x6 mm ²	2x4 mm ²	10	2,5	0,555	2,20%
B2	LB2.1	4x6 mm ²	2x4 mm ²	10	2,5	0,555	2,20%
	LB2.2	4x6 mm ²	2x4 mm ²	10	2,5	0,555	2,20%
	LB2.3	4x6 mm ²	2x4 mm ²	10	2,5	0,555	2,20%
B3	LB3.1	4x6 mm ²	2x4 mm ²	10	2,5	0,565	2,24%
	LB3.2	4x6 mm ²	2x4 mm ²	10	2,5	0,565	2,24%
	LB3.3	4x6 mm ²	2x4 mm ²	10	2,5	0,565	2,24%
B4	LB4.1	4x6 mm ²	2x4 mm ²	10	2,5	0,700	2,78%
	LB4.2	4x6 mm ²	2x4 mm ²	10	2,5	0,700	2,78%
	LB4.3	4x6 mm ²	2x4 mm ²	10	2,5	0,700	2,78%
C1	LC1.1	4x6 mm ²	2x4 mm ²	10	2,5	0,550	2,18%
	LC1.1	4x6 mm ²	2x4 mm ²	10	2,5	0,550	2,18%
	LC1.1	4x6 mm ²	2x4 mm ²	10	2,5	0,550	2,18%
C2	LC2.1	4x6 mm ²	2x4 mm ²	10	2,5	0,555	2,20%
	LC2.2	4x6 mm ²	2x4 mm ²	10	2,5	0,555	2,20%
	LC2.3	4x6 mm ²	2x4 mm ²	10	2,5	0,555	2,20%
C4	LC4.1	4x6 mm ²	2x4 mm ²	10	2,5	0,550	2,18%
	LC4.2	4x6 mm ²	2x4 mm ²	10	2,5	0,550	2,18%
	LC4.3	4x6 mm ²	2x4 mm ²	10	2,5	0,550	2,18%
C5	LC5.1	4x6 mm ²	2x4 mm ²	10	2,5	0,670	2,66%
	LC5.2	4x6 mm ²	2x4 mm ²	10	2,5	0,670	2,66%
	LC5.3	4x6 mm ²	2x4 mm ²	10	2,5	0,670	2,66%
D1	LD1.1	4x6 mm ²	2x4 mm ²	12	3	0,675	3,21%
	LD1.2	4x6 mm ²	2x4 mm ²	12	3	0,675	3,21%
	LD1.3	4x6 mm ²	2x4 mm ²	12	3	0,675	3,21%
D2	LD1.1	4x6 mm ²	2x4 mm ²	12	3	0,675	3,21%
	LD1.2	4x6 mm ²	2x4 mm ²	12	3	0,675	3,21%
	LD1.3	4x6 mm ²	2x4 mm ²	12	3	0,675	3,21%

5.1.3. Impianto di terra

L'impianto di terra dell'impianto di illuminazione sarà lo stesso dell'impianto fotovoltaico. In particolare sarà effettuato un collegamento in corrispondenza del quadro ausiliari di cabina (nodo di terra all'interno del quadro).

Per quanto attiene i corpi illuminanti questi saranno in classe II di isolamento (doppio isolamento) e pertanto non necessitano di collegamento a terra. Per quanto attiene i pali di illuminazione, qualora si utilizzino pali in pvc non sarà necessario il collegamento a terra. Nel caso in cui i pali siano del tipo in acciaio, verrà effettuato il collegamento a terra utilizzando il morsetto posto tipicamente alla base del palo. In particolare il collegamento sarà realizzato direttamente sul dispersore di terra dell'impianto fotovoltaico nel punto più vicino, tenendo conto che il dispersore di terra dell'impianto fotovoltaico è, tra l'altro, costituito da una corda di rame nuda della sezione di 35 mmq posta ad intimo contatto con il terreno ad una profondità di 0,6-0,8 m. Essa corre lungo tutto il perimetro dell'impianto e quindi è prossima al punto di installazione dei pali di illuminazione. Il collegamento di terra tra palo e dispersore sarà realizzato con corda di rame nuda o protetta della sezione di almeno 25 mmq.

5.1.4. Protezione da sovraccarichi e cortocircuiti

La difesa delle condutture rispetto a fenomeni di sovraccarico oppure di corto circuito viene espressamente richiamata dalla norma CEI 64-8 alla sezione 433 e seguenti. In esse viene prescritto che l'impianto soddisfi le seguenti due condizioni:

$$I_b < I_n$$

$$I_f < 1.45 I_z$$

Dove

I_b = corrente di impiego del circuito;

I_z = portata della conduttura in regime permanente;

I_n = corrente nominale della protezione;

I_f = corrente di sicuro funzionamento della protezione.

La tipologia di protezione richiesta viene assicurata da interruttori di tipo magnetotermico e di tipo magnetotermico differenziale, scelti in modo tale da avere un potere di interruzione almeno pari alla corrente presunta di corto circuito nel punto di installazione e garantire un tempo di intervento inferiore a quello che condurrebbe la conduttura al limite termico. La condizione che definisce l'energia specifica passante ammessa dalle protezioni viene esplicitata tramite la relazione:

$$I^2 t < k^2 S^2$$

5.1.5. Cavidotti e pozzetti

Il cavidotto per la posa dei cavi sarà realizzato con tubazioni corrugate a doppia parete in PE ad alta densità con superficie interna perfettamente liscia, a bassissima emissione di fumi e gas tossici, autoestingente, con resistenza allo schiacciamento superiore a 450 N, del diametro di 63 mm e comunque almeno 1,3 volte il diametro del cerchio circoscritto dal fascio di cavi, conforme alle Norme CEI 23-55 - CEI 64-8/5, art. 522.8.1.1.

La tubazione sarà posta all'interno di trincee predisposte ad una profondità non inferiore a 0,6 m dal piano di campagna, il rinterro sarà effettuato con materiale vagliato rinvenente dagli stessi scavi, esente da pietre di grosse dimensioni. Il raggio di curvatura sarà tale da non danneggiare i cavi in esso contenuti (circa tre volte il diametro esterno dei cavi).

Alla base di ciascun palo e lungo il percorso dei cavidotti (ad una distanza massima di 40 m circa) saranno posizionati dei pozzetti realizzati in cemento prefabbricato (40x40x60) cm, provvisti di chiusino in plastica, carrabile. Dovranno essere murati a terra con coperchio posto al livello del piano di calpestio senza sporgenze; dovranno essere raccordati al cavidotto e al sostegno per consentire il passaggio dei conduttori.

Da pozzetto verrà prolungato il cavo di alimentazione fino all'asola con portello di chiusura, dove verranno effettuate le giunzioni fra le linee interrato e le alimentazioni dei corpi illuminanti con idonei morsetti.

Cavi

Saranno utilizzati conduttori multipolari di FROR con isolamento e guaina in pvc non propaganti l'incendio ed a ridotta emissione di fumi e gas tossici, con tensione nominale di riferimento 0,6/1 kV, norme di riferimento CEI 20-11 - CEI 20-14 - CEI 20-22 II - CEI 20-35 - CEI 20-37 parte I - tabelle UNEL 35752-55-56-57 - non propaganti l'incendio secondo le norme CEI 20-22

I cavi tipo FROR saranno e posati nelle tubazioni predisposte, sopra descritte, che assicureranno idonea protezione meccanica. Le tubazioni faranno capo a pozzetti d'ispezione e di infilaggio con fondo pendente di adeguate dimensioni.

Le condutture dovranno essere generalmente a tratti rettilinei orizzontali e verticali. Nel caso in cui le linee elettriche di potenza e le linee a tensione diversa da quella di rete abbiano lo stesso percorso, si dovrà provvedere ad installarle in modo da non generare disturbi reciproci.

Le giunzioni e le derivazioni saranno realizzate con idonei morsetti in policarbonato in corrispondenza del portello per asola d'ispezione sul palo.

5.1.6. Quadro elettrico – interruttori di protezione

Gli interruttori di protezione delle linee di alimentazione dell'impianto di illuminazione saranno installati all'interno del Quadro BT Ausiliari delle Cabine. Saranno interruttori quadripolari 4x16 A magnetotermici differenziali con potere di interruzione minimo di 6 kA, $I_d=0,3$ A, curva C.

Per permettere l'azionamento automatico comandato dall'impianto di antintrusione saranno dotati di contattore.

5.2. Corpi illuminanti

Saranno utilizzati proiettori a doppio isolamento, grado di protezione IP 66, classe energetica A++, con led modulari per complessivi 250 W, per permettere la sostituzione dei singoli moduli led. Completo di staffa di orientamento, sarà installato su appositi pali ad un'altezza di 3,5 m circa dal piano campagna. Le caratteristiche dell'ottica con fascio di 60° e l'orientamento verso il basso limiteranno l'inquinamento luminoso.



Proiettore a led 250 W

5.2.1. Pali di sostegno

I pali di sostegno saranno in acciaio a sezione circolare conica. Equipaggiati con staffe testa palo per l'installazione e sostegno di due proiettori per ciascun palo, di altezza fuori terra pari a 3,5 m. Saranno dotati di morsettiera con asola di ispezione ad un'altezza di 1,4 m circa, e morsetto di messa a terra base palo. In alternativa saranno utilizzati pali in pvc aventi stesse caratteristiche.

5.2.2. Fondazioni

Saranno realizzate delle fondazioni in opera, costituite da un blocco di calcestruzzo, con un foro al centro. La sigillatura tra sostegno e fondazione sarà eseguita con sabbia finissima bagnata e superiormente sigillata con una corona di calcestruzzo dello spessore di 5 cm. I sostegni saranno interrati nel plinto per circa 60 cm.

5.2.3. Caratteristiche illuminotecniche

È evidente che l'obiettivo dell'impianto di illuminazione è quello di assicurare un adeguato livello di sicurezza antintrusione dell'impianto, questo il motivo per cui l'installazione dei corpi illuminanti è limitata al perimetro dell'impianto stesso. Come detto l'impianto si attiverà automaticamente in caso di allarme generato dall'impianto antintrusione.

L'impianto di illuminazione potrà essere utilizzato, qualora attività di manutenzione straordinaria si protraggano eccezionalmente nelle ore serali.

Il livello di illuminamento nella parte centrale dell'impianto anche in considerazione dell'ombreggiamento prodotto dagli stessi moduli fotovoltaici sarà molto scarso (pochi lux), nella parte periferica potranno essere raggiunti valori medi intorno ai 20 lux.

La scelta di lampade led ad alta efficienza con temperatura di colore superiore a 4.500 K, farà sì che la luce emessa sarà del tipo bianca e fredda.

6. Dimensionamento preliminare dell'impianto videosorveglianza e antintrusione (Parco Fotovoltaico)

L'accesso all'area recintata sarà sorvegliato automaticamente da un sistema di Sistema integrato Anti-intrusione composto da:

- N. 180 telecamere TVCC tipo fisso Day-Night, per visione diurna e notturna, con illuminatore a IR, ogni 40 m circa.

Queste saranno installate su pali in acciaio zincato di altezza pari a m 5,50 ed ancorati su opportuno pozzetto di fondazione porta palo e cavi;

- cavo *alfa* con anime magnetiche, collegato a sensori microfonic, aggraffato alle recinzioni a media altezza, e collegato alla centralina d'allarme in cabina;
- barriere a microonde sistemate in prossimità della muratura di cabina e del cancello di ingresso;
- N.1 badge di sicurezza a tastierino, per accesso alla cabina;
- N.1 centralina di sicurezza integrata installata in cabina.

I sistemi appena elencati funzioneranno in modo integrato.

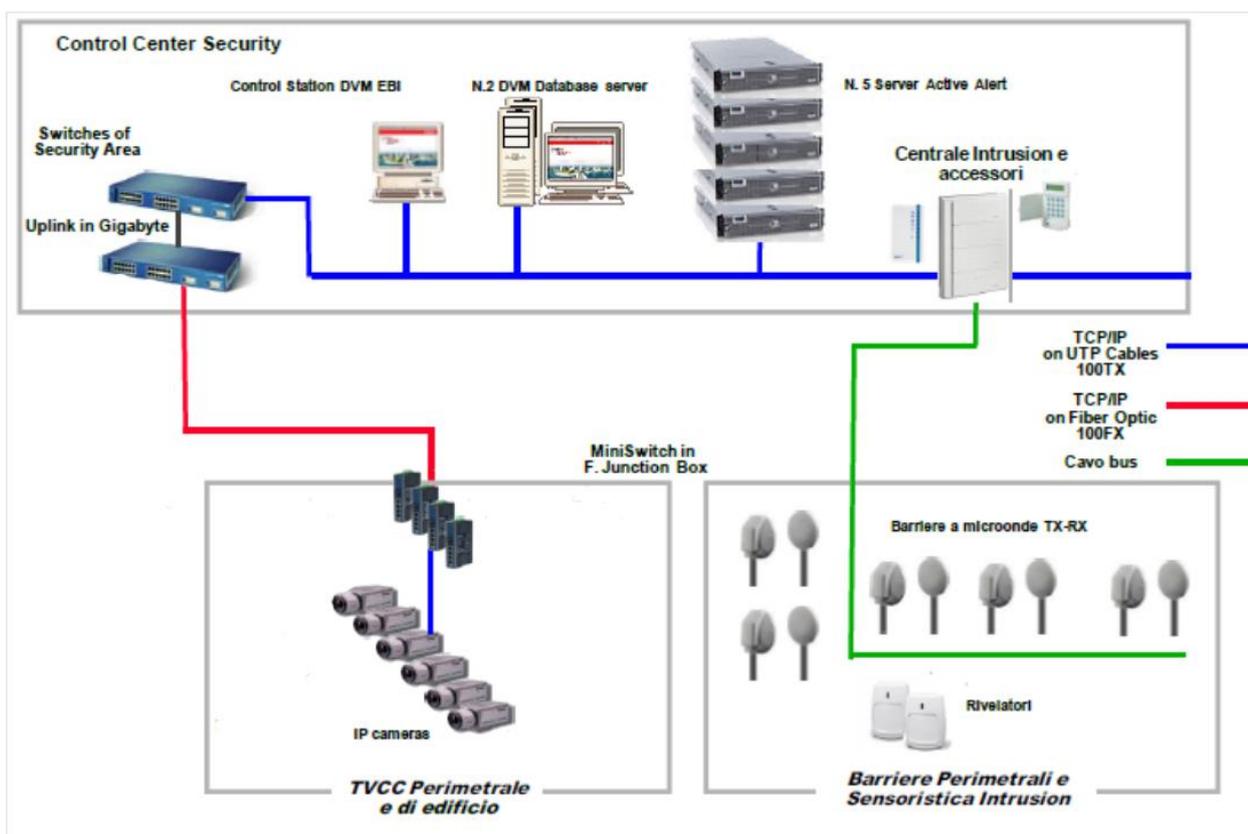
Il cavo *alfa* sarà in grado di rilevare le vibrazioni trasmesse alla recinzione esterna in caso di tentativo di scavalco o danneggiamento.

Le barriere a microonde rileveranno l'accesso in caso di scavalco o effrazione nelle aree del cancello e/o della cabina. Le telecamere saranno in grado di registrare oggetti in movimento all'interno del campo, anche di notte; la centralina manterrà in memoria le registrazioni.

I badges impediranno l'accesso alla cabina elettrica e alla centralina di controllo ai non autorizzati.

Al rilevamento di un'intrusione, da parte di qualsiasi sensore in campo, la centralina di controllo, alla quale saranno collegati tutti i sopradetti sistemi, invierà una chiamata alla più vicina stazione di polizia e al responsabile di impianto tramite un combinatore telefonico automatico e trasmissione via antenna *gsm*.

Parimenti, se l'intrusione dovesse verificarsi di notte, il campo verrà automaticamente illuminato a giorno dai proiettori.



7. Dimensionamento preliminare dell'Impianto di illuminazione (SSE Utente)

La Sottostazione Elettrica Utente (SSE), sarà dotata di un impianto di illuminazione perimetrale costituito da:

- Tipo lampada: Proiettori LED, $P_n = 250W$
- Tipo armatura: proiettore direzionabile
- Numero lampade: 10;
- Numero palificazioni: 5;
- Funzione: illuminazione interno impianto notturna e anti-intrusione;
- Distanza tra i pali: circa 20 m.

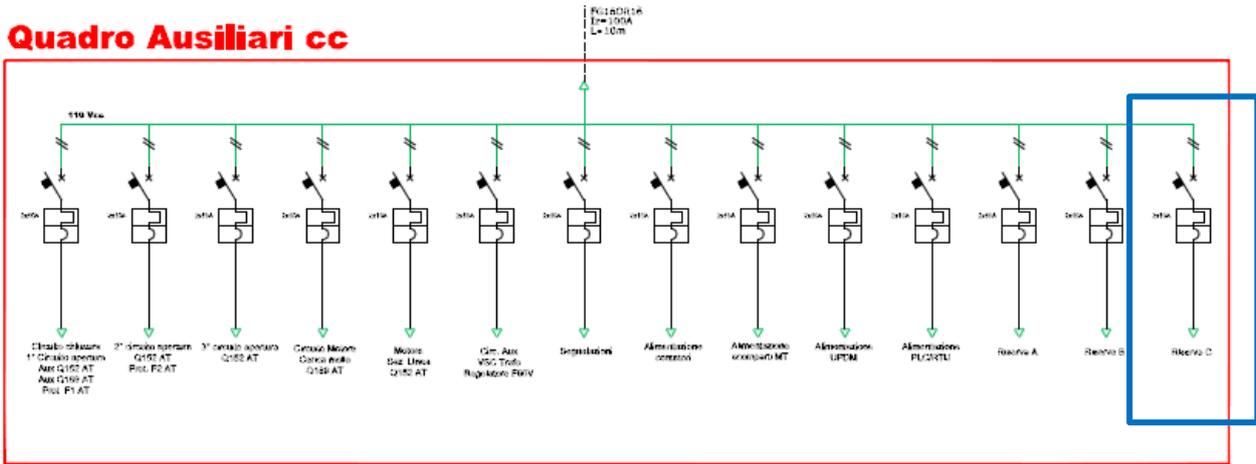
Il suo funzionamento sarà **esclusivamente legato alla sicurezza dell'impianto**. Ciò significa che qualora dovesse verificarsi una intrusione durante le ore notturne, il campo verrà automaticamente illuminato a giorno dai proiettori a led, installati sugli stessi pali montanti le telecamere dell'impianto di videosorveglianza. Quindi sarà a funzionamento discontinuo ed eccezionale. Inoltre la direzione di proiezione del raggio luminoso, sarà verso il basso, senza quindi oltrepassare la linea dell'orizzonte o proiettare la luce verso l'altro.

Da quanto appena esposto si può evincere che detto impianto di illuminazione **è conforme a quanto riportato all'art.6 della L.R. N.15/05 "Misure urgenti per il contenimento dell'inquinamento luminoso e per il risparmio energetico", ed in particolare al comma 1, lettere a), b), e) ed f).**

Come detto, l'Impianto sarà costituito da proiettori a Led montati su pali zincati di altezza pari a 5,50 m. I proiettori faranno parte di un circuito, a partire dal Quadro Servizi Ausiliari posizionato nel Locale BT del Fabbricato Servizi, costituito da:

- 1 linea elettrica trifase a 400 V del tipo *FG16OR16* da 4 mm². La linea alimenterà 5 proiettori;
- 1 linea elettrica trifase a 400 V del tipo *FG16OR16* da 4 mm². La linea alimenterà 5 proiettori;
- 1 interruttore magnetotermico alloggiato nel Quadro Generale dei Servizi Ausiliari a sua volta posizionato all'interno del vano Quadri MT dell'Edificio Servizi.

Quadro Ausiliari cc



Utilizzando la formula vista anche in precedenza per il dimensionamento delle linee MT, avremo per ogni proiettore luminoso da 250 W, una corrente necessaria pari a:

$$I_{b_max} = \frac{P_{max}}{\sqrt{3} V_n \cos \varphi} = \frac{250}{0,92 * \sqrt{3} * 400} = \mathbf{0,4 \text{ A}}$$

Il conduttore scelto da 4 mm² ha una portata nominale (per cavo interrato in tubo) pari a: **32 A**. Quindi un tale conduttore è ben in grado di addurre la corrente necessaria ai proiettori per ciascuna delle 4 linee di alimentazione (v. schema sotto riportato).

4 conduttori con giallo/verde / 4 cores with yellow/green - tab. CEI-UNEL 35318

1,5	1,5	0,7	13,4	200	13,3	23	19,5	20	19	30	26	121
2,5	2,0	0,7	16,6	260	20,8	32	26,0	26	25	40	36	131
4,0	2,5	0,7	16,0	330	4,95	42	35,0	33	32	51	45	144
6,0	3,0	0,7	17,5	430	7,30	54	44,0	43	41	66	56	157
10,0	3,9	0,7	19,8	640	1,91	75	60,0	59	55	88	78	178
16,0	5,0	0,7	22,4	900	1,21	100	80,0	76	72	114	101	202
25,0	6,4	0,9	26,8	1300	0,780	127	105,0	100	93	148	130	241
35+1G25	7,7	0,9	29,2	1650	0,554	158	128,0	122	114	178	157	263
50+1G25	9,2	1,0	32,4	2200	0,386	192	154,0	152	141	211	185	292
70+1G35	11,0	1,1	37,0	3000	0,272	246	194,0	189	174	259	227	333
95+1G50	12,5	1,1	42,0	3900	0,206	298	233,0	226	206	311	274	378
120+1G70	14,2	1,2	46,9	4700	0,161	346	268,0	260	238	355	311	422

7.1.1. Protezioni contro i contatti diretti

La protezione contro i contatti indiretti sarà assicurata dall'installazione di apparecchiature elettriche, in particolare i corpi illuminanti, con un grado di protezione non inferiore a IP44. Una ulteriore protezione è garantita dalla presenza di interruttori con modulo differenziale a alta sensibilità.

7.1.2. Caduta di tensione

Secondo norma CEI 64-8 sez.525 la caduta di tensione nel circuito non deve superare il 4%, e viene stimata utilizzando la relazione:

$$\Delta U = K \times I \times L \times (R \cos\phi + X \sin\phi)$$

con:

K = 2 per linee monofase (230 V);

K = 1.73 per linee trifase (400 V);

I = corrisponde alla corrente di impiego del circuito (I_b);

L = lunghezza della linea;

R = è la resistenza del conduttore per unità di lunghezza (per km) e varia in relazione alla sezione del conduttore stesso

X = è la reattanza del conduttore per unità di lunghezza (per km) e varia in relazione alla sezione del conduttore stesso

Nei calcoli si assumerà un valore per il fattore di potenza, pari a $\cos\phi = 0.92$ ($\sin\phi = 0.39$).

Inoltre per semplificare il calcolo ed essere conservativi si farà l'ipotesi che tutto il carico sia concentrato a 2/3 della lunghezza della linea. Il carico ovviamente dipenderà dal numero di lampade che sono alimentate dal circuito.

La caduta di tensione percentuale sarà ottenuta con la formula

$$\Delta U\% = \Delta U / U \times 100$$

Dove U è la tensione di linea, ovvero 400 V.

Dalla tabella sotto riportata è evidente che la caduta di tensione sulla singola linea di alimentazione è per tutte le linee ampiamente inferiore al **4%**. Pertanto le sezioni dei conduttori sono da considerare corrette.

Linea	Sez. Linea	Sezione Derivazione	Num. Proiettori	Carico (kW)	Lunghezza Linea (km)	CdT
L1	4x4 mm ²	2x4 mm ²	5	1,25	0,07	0,21%
L2	4x4 mm ²	2x4 mm ²	5	1,25	0,07	0,21%

7.1.3. Impianto di terra

L'impianto di terra dell'impianto di illuminazione sarà lo stesso dell'impianto fotovoltaico. In particolare sarà effettuato un collegamento in corrispondenza del quadro ausiliari di cabina (nodo di terra all'interno del quadro).

Per quanto attiene i corpi illuminanti questi saranno in classe II di isolamento (doppio isolamento) e pertanto non necessitano di collegamento a terra. Per quanto attiene i pali di illuminazione, qualora si utilizzino pali in pvc non sarà necessario il collegamento a terra. Nel caso in cui i pali siano del tipo in acciaio, verrà effettuato il collegamento a terra utilizzando il morsetto posto tipicamente alla base del palo. In particolare il collegamento sarà realizzato direttamente sul dispersore di terra dell'impianto fotovoltaico nel punto più vicino, tenendo conto che il dispersore di terra dell'impianto fotovoltaico è, tra l'altro, costituito da una corda di rame nuda della sezione di 35 mmq posta ad intimo contatto con il terreno ad una profondità di 0,6-0,8 m. Essa corre lungo tutto il perimetro dell'impianto e quindi è prossima al punto di installazione dei pali di illuminazione. Il collegamento di terra tra palo e dispersore sarà realizzato con corda di rame nuda o protetta della sezione di almeno 25 mmq.

7.1.4. Protezione da sovraccarichi e cortocircuiti

La difesa delle condutture rispetto a fenomeni di sovraccarico oppure di corto circuito viene espressamente richiamata dalla norma CEI 64-8 alla sezione 433 e seguenti. In esse viene prescritto che l'impianto soddisfi le seguenti due condizioni:

$$I_b < I_n$$

$$I_f < 1.45 I_z$$

Dove

I_b = corrente di impiego del circuito;

I_z = portata della conduttura in regime permanente;

I_n = corrente nominale della protezione;

I_f = corrente di sicuro funzionamento della protezione.

La tipologia di protezione richiesta viene assicurata da interruttori di tipo magnetotermico e di tipo magnetotermico differenziale, scelti in modo tale da avere un potere di interruzione almeno pari alla corrente presunta di corto circuito nel punto di installazione e garantire un tempo di intervento inferiore a quello che condurrebbe la conduttura al limite termico. La condizione che definisce l'energia specifica passante ammessa dalle protezioni viene esplicitata tramite la relazione:

$$l^2 t < k^2 S^2$$

7.1.5. Cavidotti e pozzetti

Il cavidotto per la posa dei cavi sarà realizzato con tubazioni corrugate a doppia parete in PE ad alta densità con superficie interna perfettamente liscia, a bassissima emissione di fumi e gas tossici, autoestingente, con resistenza allo schiacciamento superiore a 450 N, del diametro di 63 mm e comunque almeno 1,3 volte il diametro del cerchio circoscritto dal fascio di cavi, conforme alle Norme CEI 23-55 - CEI 64-8/5, art. 522.8.1.1.

La tubazione sarà posta all'interno di trincee predisposte ad una profondità non inferiore a 0,6 m dal piano di campagna, il rinterro sarà effettuato con materiale vagliato rinvenente dagli stessi scavi, esente da pietre di grosse dimensioni. Il raggio di curvatura sarà tale da non danneggiare i cavi in esso contenuti (circa tre volte il diametro esterno dei cavi).

Alla base di ciascun palo e lungo il percorso dei cavidotti (ad una distanza massima di 40 m circa) saranno posizionati dei pozzetti realizzati in cemento prefabbricato (40x40x60) cm, provvisti di chiusino in plastica, carrabile. Dovranno essere murati a terra con coperchio posto al livello del piano di calpestio senza sporgenze; dovranno essere raccordati al cavidotto e al sostegno per consentire il passaggio dei conduttori.

Da pozzetto verrà prolungato il cavo di alimentazione fino all'asola con portello di chiusura, dove verranno effettuate le giunzioni fra le linee interrato e le alimentazioni dei corpi illuminanti con idonei morsetti.

Cavi

Saranno utilizzati conduttori multipolari di FROR con isolamento e guaina in pvc non propaganti l'incendio ed a ridotta emissione di fumi e gas tossici, con tensione nominale di riferimento 0,6/1 kV, norme di riferimento CEI 20-11 - CEI 20-14 - CEI 20-22 II - CEI 20-35 - CEI 20-37 parte I - tabelle UNEL 35752-55-56-57 - non propaganti l'incendio secondo le norme CEI 20-22

I cavi tipo FROR saranno e posati nelle tubazioni predisposte, sopra descritte, che assicureranno idonea protezione meccanica. Le tubazioni faranno capo a pozzetti d'ispezione e di infilaggio con fondo pendente di adeguate dimensioni.

Le condutture dovranno essere generalmente a tratti rettilinei orizzontali e verticali. Nel caso in cui le linee elettriche di potenza e le linee a tensione diversa da quella di rete abbiano lo stesso percorso, si dovrà provvedere ad installarle in modo da non generare disturbi reciproci.

Le giunzioni e le derivazioni saranno realizzate con idonei morsetti in policarbonato in corrispondenza del portello per asola d'ispezione sul palo.

7.1.6. Quadro elettrico – interruttori di protezione

Gli interruttori di protezione delle linee di alimentazione dell'impianto di illuminazione saranno installati all'interno del Quadro BT Ausiliari delle Cabine. Saranno interruttori quadripolari 4x16 A magnetotermici differenziali con potere di interruzione minimo di 6 kA, $I_d=0,3$ A, curva C.

Per permettere l'azionamento automatico comandato dall'impianto di antintrusione saranno dotati di contattore.

7.2. Corpi illuminanti

Saranno utilizzati proiettori a doppio isolamento, grado di protezione IP 66, classe energetica A++, con led modulari per complessivi 250 W, per permettere la sostituzione dei singoli moduli led. Completo di staffa di orientamento, sarà installato su appositi pali ad un'altezza di 3,5 m circa dal piano campagna. Le caratteristiche dell'ottica con fascio di 60° e l'orientamento verso il basso limiteranno l'inquinamento luminoso.



Proiettore a led 250 W

7.2.1. Pali di sostegno

I pali di sostegno saranno in acciaio a sezione circolare conica. Equipaggiati con staffe testa palo per l'installazione e sostegno di due proiettori per ciascun palo, di altezza fuori terra pari a 5,5 m. Saranno dotati di morsettiera con asola di ispezione ad un'altezza di 1,4 m circa, e morsetto di messa a terra base palo. In alternativa saranno utilizzati pali in pvc aventi stesse caratteristiche.

7.2.2. Fondazioni

Saranno realizzate delle fondazioni in opera, costituite da un blocco di calcestruzzo, con un foro al centro. La sigillatura tra sostegno e fondazione sarà eseguita con sabbia finissima bagnata e superiormente sigillata con una corona di calcestruzzo dello spessore di 5 cm. I sostegni saranno interrati nel plinto per circa 60 cm.

7.2.3. Caratteristiche illuminotecniche

È evidente che l'obiettivo dell'impianto di illuminazione è quello di assicurare un adeguato livello di sicurezza antintrusione dell'impianto, questo il motivo per cui l'installazione dei corpi illuminanti è limitata al perimetro dell'impianto stesso. Come detto l'impianto si attiverà automaticamente in caso di allarme generato dall'impianto antintrusione.

L'impianto di illuminazione potrà essere utilizzato, qualora attività di manutenzione straordinaria si protraggano eccezionalmente nelle ore serali.

Il livello di illuminamento nella parte centrale dell'impianto anche in considerazione dell'ombreggiamento prodotto dagli stessi moduli fotovoltaici sarà molto scarso (pochi lux), nella parte periferica potranno essere raggiunti valori medi intorno ai 20 lux.

La scelta di lampade led ad alta efficienza con temperatura di colore superiore a 4.500 K, farà sì che la luce emessa sarà del tipo bianca e fredda.

8. Dimensionamento preliminare dell'Impianto videosorveglianza e antintrusione (SSE)

L'accesso all'area recintata sarà sorvegliato automaticamente da un sistema di Sistema integrato Anti-intrusione composto da:

- N. 5 telecamere TVCC tipo fisso *Day-Night*, per visione diurna e notturna, con illuminatore a IR, ogni 20 m circa.

Queste saranno installate su pali in acciaio zincato di altezza pari a m 5,50 ed ancorati su opportuno pozzetto di fondazione porta palo e cavi;

- cavo *alfa* con anime magnetiche, collegato a sensori microfonici, aggraffato alle recinzioni a media altezza, e collegato alla centralina d'allarme in cabina;
- barriere a microonde sistemate in prossimità della muratura di cabina e del cancello di ingresso;
- N.1 badge di sicurezza a tastierino, per accesso alla cabina;
- N.1 centralina di sicurezza integrata installata in cabina.

I sistemi appena elencati funzioneranno in modo integrato.

Il cavo *alfa* sarà in grado di rilevare le vibrazioni trasmesse alla recinzione esterna in caso di tentativo di scavalco o danneggiamento.

Le barriere a microonde rileveranno l'accesso in caso di scavalco o effrazione nelle aree del cancello e/o della cabina. Le telecamere saranno in grado di registrare oggetti in movimento all'interno del campo, anche di notte; la centralina manterrà in memoria le registrazioni.

I badges impediranno l'accesso alla cabina elettrica e alla centralina di controllo ai non autorizzati.

Al rilevamento di un'intrusione, da parte di qualsiasi sensore in campo, la centralina di controllo, alla quale saranno collegati tutti i sopradetti sistemi, invierà una chiamata alla più vicina stazione di polizia e al responsabile di impianto tramite un combinatore telefonico automatico e trasmissione via antenna *gsm*.

Parimenti, se l'intrusione dovesse verificarsi di notte, il campo verrà automaticamente illuminato a giorno dai proiettori.

