



REGIONE PUGLIA



PROVINCIA di FOGGIA



COMUNE di MANFREDONIA



<p>PropONENTE</p>	<p><b>LUCKY WIND s.p.a.</b>  Piazza C. Battisti, 27   71121 Foggia  Tel. 0881.630470-630404   Fax 0881.630417  P.IVA 02116900719</p> 				
<p>PROGETTAZIONE GENERALE, ELETTRICA E COORDINAMENTO</p>	 <p><b>STUDIO INGEGNERIA ELETTRICA</b>  MEZZINA dott. ing. Antonio  Via T. Solis 128   71016 San Severo (FG)  Tel. 0882.228072   Fax 0882.243651  e-mail: info@studiomezzina.net</p>   				
<p>STUDIO PAESAGGISTICO E AMBIENTALE</p>	 <p><b>Arch. Antonio Demaio</b>  Tel. 0881.756251   Fax 1784412324  E-Mail: sit.vega@gmail.com</p>	<p>STUDIO GEOLOGICO E IDRAULICO</p>	<p><b>Studio di Geologia Tecnica &amp; Ambientale</b>  <b>Dott.sa Geol. Giovanna Amedei</b>  Via Pietro Nenni, 4 - 71012 Rodi Garganico (Fg)  Tel./Fax 0884.965793   Cell. 347.6262259  E-Mail: giovannaamedei@tiscali.it</p>		
<p>STUDIO ARCHEOLOGICO</p>	 <p><b>Dott. Vincenzo Ficco</b>  Tel. 0881.750334  E-Mail: info@archeologicasrl.com</p>	<p>STUDIO NATURALISTICO</p>	<p><b>Dott. Forestale Luigi Lupo</b>  Corso Roma, 110  71121 Foggia  E-Mail: luigilupo@libero.it</p>		
<p>STUDIO ACUSTICO</p>	<p><b>Arch. Marianna Denora</b>  Via Savona, 3 - 70022 Altamura (BA)  Tel. Fax 080 3147468  E-Mail: info@studioprogettazioneacustica.it</p>	<p>STUDIO SICUREZZA</p>	 <p><b>Ing. Antonio Falcone</b>  Tel. 0884.534378   Fax. 0884.534378  E-Mail: ing.falcone@alice.it</p>		
<p>OPERA</p>	<p>Progetto definitivo per la realizzazione dell'impianto agro-fotovoltaico integrato con allevamento ovi-caprino, di potenza pari a 49,912 MWp, e sistema di accumulo di energia elettrica di 25MW/50MWh, con potenza complessiva ai fini della connessione pari a 75 MW, su terreni con vincolo ZVN (zone a vulnerabilità da nitrati - d.g.r. n. 1408 del 06/09/2016), come programma di riconversione temporanea e miglioramento bio-strutturale dei suoli oggetto dell'intervento e delle falde sotterranee, finalizzato al recupero del loro valore agronomico, nonché delle opere connesse e delle infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio dell'impianto.</p>				
<p>PROCEDIMENTO</p>	<p style="text-align: center;"><b>ISTANZA DI AUTORIZZAZIONE UNICA</b>  <b>ai sensi dell'art. 12 del D.lgs. 387/2003 e s.m.i.</b></p>				
<p>OGGETTO</p>	<p>Folder:  <b>Calcoli preliminari delle strutture e degli impianti del progetto definitivo</b></p>			<p>Sezione: <b>F</b></p>	
	<p>Nome Elaborato:  <b>JOQSENO_CalcoliPreImpianti_02.pdf</b></p>			<p>Codice Elaborato:  <b>F02</b></p>	
	<p>Descrizione Elaborato:  <b>Calcoli preliminari impianti elettrici</b></p>				
<p>02</p>	<p>Dicembre 2020</p>	<p>Integrazioni procedimento A.U.</p>	<p>Ing. M. A. Merlino</p>	<p>Ing. A. Mezzina</p>	<p>LUCKY WIND S.p.a.</p>
<p>01</p>	<p>Gennaio 2020</p>	<p>Progetto definitivo per Istanza di A.U.</p>	<p>Ing. M. A. Merlino</p>	<p>Ing. A. Mezzina</p>	<p>LUCKY WIND S.p.a.</p>
<p>00</p>	<p>Luglio 2019</p>	<p>Richiesta di V.I.A.</p>	<p>Ing. M. A. Merlino</p>	<p>Ing. A. Mezzina</p>	<p>LUCKY WIND S.p.a.</p>
<p>Rev.</p>	<p>Data</p>	<p>Oggetto della revisione</p>	<p>Elaborazione</p>	<p>Verifica</p>	<p>Approvazione</p>
<p>Scala: /</p>		<p>Codice Pratica <b>JOQSENO</b></p>			
<p>Formato: A4</p>					



**PROPONENTE:**

**LUCKY WIND s.p.a.**

Sede Legale: Piazza C. Battisti, 27 | 71121 Foggia

Tel.: 0881.630470-630404 | Fax 0881.630417

C.F. e P.IVA 02116900719

**PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO INTEGRATO CON ALLEVAMENTO OVI-CAPRINO, DI POTENZA PARI A 49,912 MWp, E SISTEMA DI ACCUMULO DI ENERGIA ELETTRICA DI 25MW/50MWh, CON POTENZA COMPLESSIVA AI FINI DELLA CONNESSIONE PARI A 75 MW, SU TERRENI CON VINCOLO ZVN (ZONE A VULNERABILITÀ DA NITRATI - D.G.R. N. 1408 DEL 06/09/2016), COME PROGRAMMA DI RICONVERSIONE TEMPORANEA E MIGLIORAMENTO BIO-STRUTTURALE DEI SUOLI OGGETTO DELL'INTERVENTO E DELLE FALDE SOTTERRANEE, FINALIZZATO AL RECUPERO DEL LORO VALORE AGRONOMICO, NONCHÉ DELLE OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI ALLA COSTRUZIONE E ALL'ESERCIZIO DELL'IMPIANTO.**

## **RELAZIONE TECNICA**

Calcoli preliminari delle strutture e degli impianti del progetto definitivo

### **CALCOLI PRELIMINARI IMPIANTI ELETTRICI**



## SOMMARIO

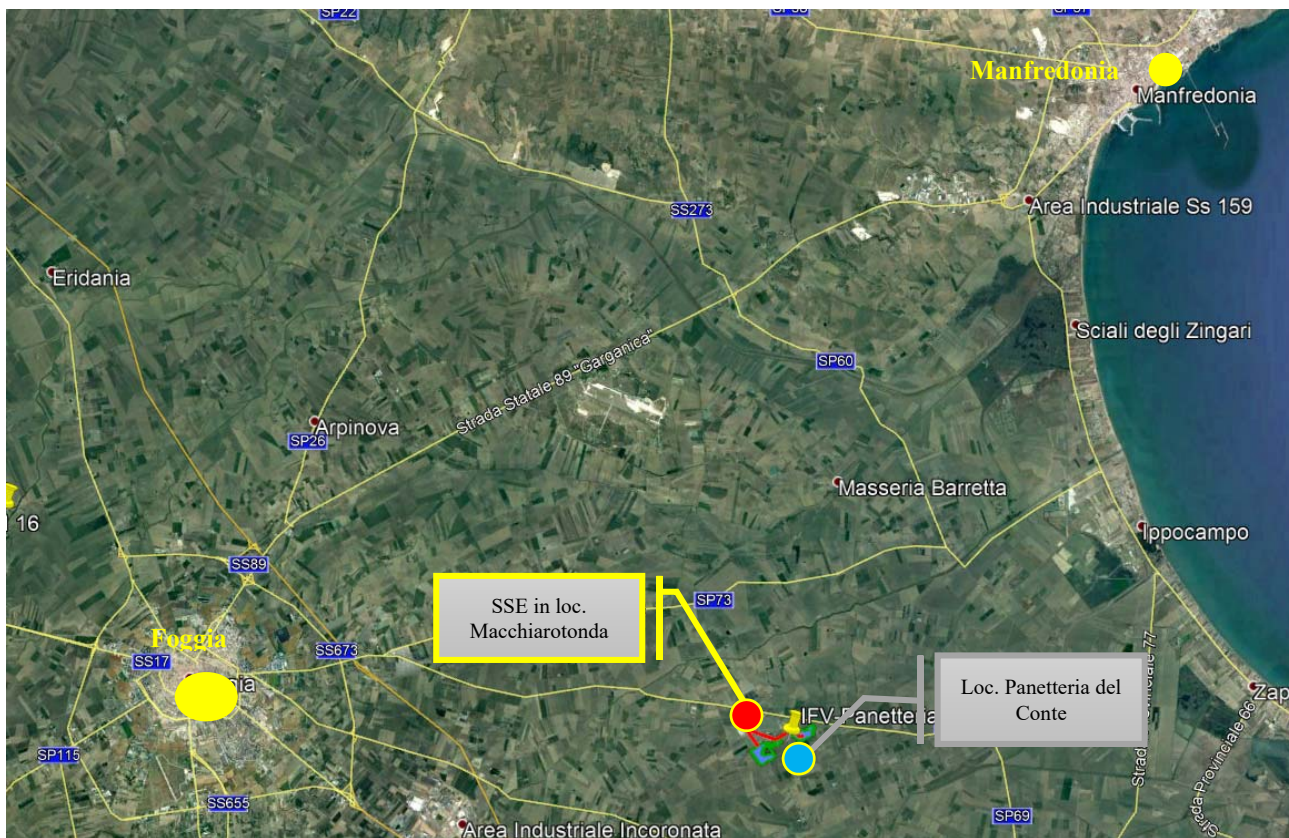
1.	PREMESSA .....	3
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	4
3.	DESCRIZIONE SINTETICA DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO.....	5
3.1.	<i>Impianto fotovoltaico</i> .....	5
3.2.	<i>Allevamento ovini da latte</i> .....	5
3.3.	<i>Schema elettrico del generatore fotovoltaico</i> .....	6
4.	CARATTERISTICHE DEI COLLEGAMENTI ELETTRICI.....	8
4.1.	<i>Cavi MT</i> .....	8
4.2.	<i>Giunzioni, terminazioni ed attestazioni</i> .....	8
4.3.	<i>Modalità di posa</i> .....	10
4.4.	<i>Linee di bassa tensione impianto fotovoltaico</i> .....	12
4.5.	<i>Cavi bT impianto di illuminazione</i> .....	13
4.6.	<i>Cavidotti per linee elettriche interrato</i> . .....	15
4.7.	<i>Protezione contro i contatti diretti</i> . .....	15
4.8.	<i>Protezione contro i contatti indiretti</i> .....	16
5.	DIMENSIONAMENTO DEI CAVI E PROTEZIONE CONTRO LE SOVRACCORRENTI.....	17
5.1.	<i>Protezione contro il sovraccarico</i> .....	17
5.2.	<i>Protezione contro il cortocircuito</i> .....	17
5.3.	<i>Cadute di tensione</i> .....	18
5.4.	<i>Dimensionamento Linee MT</i> .....	19
5.5.	<i>Dimensionamento Linee bT impianto di illuminazione</i> .....	19
5.6.	<i>Conclusioni</i> .....	20

## 1. PREMESSA

Lo scopo di questa relazione tecnica è presentare un calcolo preliminare degli impianti elettrici relativi all'impianto Agro-Fotovoltaico integrato con allevamento ovi-caprino, che la società Lucky Wind s.p.a. intende realizzare in località "Panetteria del Conte", Comune di Manfredonia (FG), e delle opere connesse ed infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio dell'impianto, anch'esse interamente nel Comune di Manfredonia, alla località "Posta Macchia Rotonda", con potenza teorica di picco del generatore fotovoltaico pari a circa 49,912 MWp, e sistema di accumulo di energia elettrica di 25MW/50MWh e potenza ai fini della connessione pari a 75 MW.

La connessione dell'impianto avverrà tramite cavo interrato in MT lungo viabilità privata, suoli agricoli e aree private per una lunghezza di circa 2,5 Km alla sottostazione produttore di trasformazione MT/AT per venire poi ceduta alla RTN tramite un collegamento, del tipo in antenna a 150kV, alla Stazione Elettrica (SE) 380/150 kV RTN denominata *Manfredonia*.

L'area deputata all'installazione dell'impianto fotovoltaico in oggetto risulta essere adatta allo scopo presentando una buona esposizione ed è facilmente raggiungibile ed accessibile attraverso le vie di comunicazione esistenti.



**Fig. 1.** Inquadramento di ampio raggio su ortofoto dell'area di intervento, situata all'incirca a circa 18km ad Est di Foggia, e circa 23km a SUD-Ovest di Manfredonia: a SUD, individuata con segnaposto azzurro, la centrale fotovoltaica; in rosso, il percorso dell'elettrodotto dorsale; a NORD, individuata con segnaposto rosso, il punto di connessione alla RTN.





## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I documenti normativi e/o guide di riferimento, congiuntamente alle varianti e/o errata corrige eventualmente intervenute, sono da intendersi applicabili nella loro edizione in vigore al momento di emissione del presente documento.

L'applicazione di eventuali varianti e/o errata corrige che intervengano dopo l'emissione del presente documento ma prima della realizzazione delle opere potrà essere sottoposta all'attenzione del progettista da parte del soggetto responsabile della costruzione.

NRif1. CEI 64-8: "Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua";

NRif2. CEI 82-25 "Guida alla realizzazione di sistemi di generazione di energia fotovoltaica collegati alle reti elettriche dei sistemi di Media e Bassa Tensione".

NRif3. CEI 11-25 (EN 60909-0): "Correnti di cortocircuito nei sistemi trifasi in corrente alternata, Parte 0: Calcolo delle correnti";

NRif4. CEI 99-2 (EN 61936-1) "Impianti elettrici a tensione > 1 kV c.a.";

NRif5. CEI 99-3 (EN 50522) "Messa a terra degli impianti elettrici a tensione > 1 kV c.a."

NRif6. CEI 9-17 – 2006 "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica Linee in cavo";

NRif7. CEI 99-5 "Guida per l'esecuzione degli impianti di terra delle utenze attive e passive connesse ai sistemi di distribuzione con tensione superiore a 1 kV in c.a.";

NRif8. CEI 64-14 "Guida alle verifiche degli impianti elettrici utilizzatori";

NRif9. CEI EN 50618 "Cavi elettrici per impianti fotovoltaici";

NRif10. EI EN 60076-11 "Trasformatori di potenza – Parte 11: trasformatori di tipo a secco";

NRif11. CEI EN 62305-1 "Protezione contro i fulmini. Parte 1: principi generali";

NRif12. CEI EN 62305-2 "Protezione contro i fulmini. Parte 2: valutazione del rischio dovuto al fulmine";

NRif13. CEI EN 62305-3 "Protezione contro i fulmini. Parte 3: danno materiale alle strutture e pericolo per le persone";

NRif14. CEI EN 62305-4 "Protezione contro i fulmini. Parte 4: impianti elettrici ed elettronici nelle strutture";

NRif15. CEI 99-4 "Guida per l'esecuzione di cabine elettriche MT/BT del cliente/utente finale";

NRif16. CEI 0-16 "Regola tecnica di riferimento per la connessione di utenti attivi e passivi alle reti AT e MT delle imprese distributrici di energia elettrica";

NRif17. ENEL "Guida per le connessioni alla rete elettrica di ENEL distribuzione", ed. 5.0. Marzo 2015;



### 3. DESCRIZIONE SINTETICA DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Il progetto prevede **lavori di costruzione ed esercizio di un impianto agro-fotovoltaico finalizzato alla produzione di energia elettrica per una potenza di picco pari a 49,912 MWp e potenza ai fini della connessione pari a 75 MW.**

In particolare il progetto comprende:

#### 3.1. Impianto fotovoltaico

In definitiva l'impianto fotovoltaico, costituito dall'insieme dei due Sottoimpianti Ovest e EST, sarà caratterizzato da:

- 1) 108504 moduli fotovoltaici della potenza di 460Wp cadauno;
- 2) 255 inverter da 185kVA;
- 3) 9042 stringhe da 12 moduli cadauna;
- 4) 15 cabine di trasformazione bT/MT 0,8/20kV;
- 5) 2 Cabine Locali tecnici bT;
- 6) 2 Cabine Locale Guardiania;
- 7) 4 sottocampi di potenza, rispettivamente, **13,314MWp, 16,626MWp; 10,002MWp, 9,969MWp.** per una potenza di picco complessiva del generatore fotovoltaico pari a **49,912 MWp**
- 8) 4 **elettrodotti** dorsali per la connessione tra le cabine Master di ciascun Subcampo e la SSE, di lunghezze pari a circa **2500m, 2250m, 1050m, 1350m.**
- 9) 1 **elettrodotto** dorsale esterno per la connessione alla SSE, di lunghezza pari a circa **6320m.**
- 10) Una sottostazione elettrica Produttore 30/150kV, per la connessione alla RTN. Situata nei pressi della esistente Stazione Elettrica TERNA "Manfredonia" situata in località Macchiarotonda.

#### 3.2. Allevamento ovini da latte

- n. 700 pecore da carne di razza "Lacaune" in allevamento semi-stallino;
- una S.A.U. (Biol.ca) di ha 115.45.25 coltivata a pascolo stabile polifita irriguo integrato Ftv;
- una S.A.U. (Biol.ca) di ha 10.94.46 coltivata a prato pascolo poliennale irriguo;
- una S.A.U. (Biol.ca) di ha 70.44.24 coltivata a seminativi di foraggere da granella irrigue;
- n. 20 settori di irrigazione gestiti da 1 centralina automatizzata con impianto a goccia auto-compensante a lunga portata approvvigionato da n. 2 pozzi artesiani di portata complessiva pari a 10 lt/s e da n. 4 bocchette di adduzione del Consorzio di Bonifica per la Capitanata;

- Un Ovile di superficie totale pari a mq 6234,60 di cui mq 1362 di superficie a stabulazione libera coperta, mq 2060 di superficie a paddock coperto con mangiatoia e scoperto mq 356 di superficie di fienile e locali di servizio.

### 3.3. Schema elettrico del generatore fotovoltaico

Il collegamento elettrico tra i singoli moduli è del tipo “in serie”, in maniera tale da formare una stringa di 12 moduli: tale collegamento avverrà mediante i cavi in dotazione ai singoli moduli, ed impiego di cavi “solari”, ubicati sul retro della struttura portante e caratterizzati da tensione nominale  $U_0 = 1.5\text{kV DC}$ , dimensionati secondo necessità.

La tensione massima di stringa è stata calcolata conservativamente a  $-10^\circ$ , anche se i dati meteo storici del sito indicano un valore minimo di  $-3^\circ\text{C}$ ; il valore teorico calcolato è di

- **Voc a  $-10^\circ\text{C}$ : 1175 V** per stringhe con 12 moduli da 460 Wp.

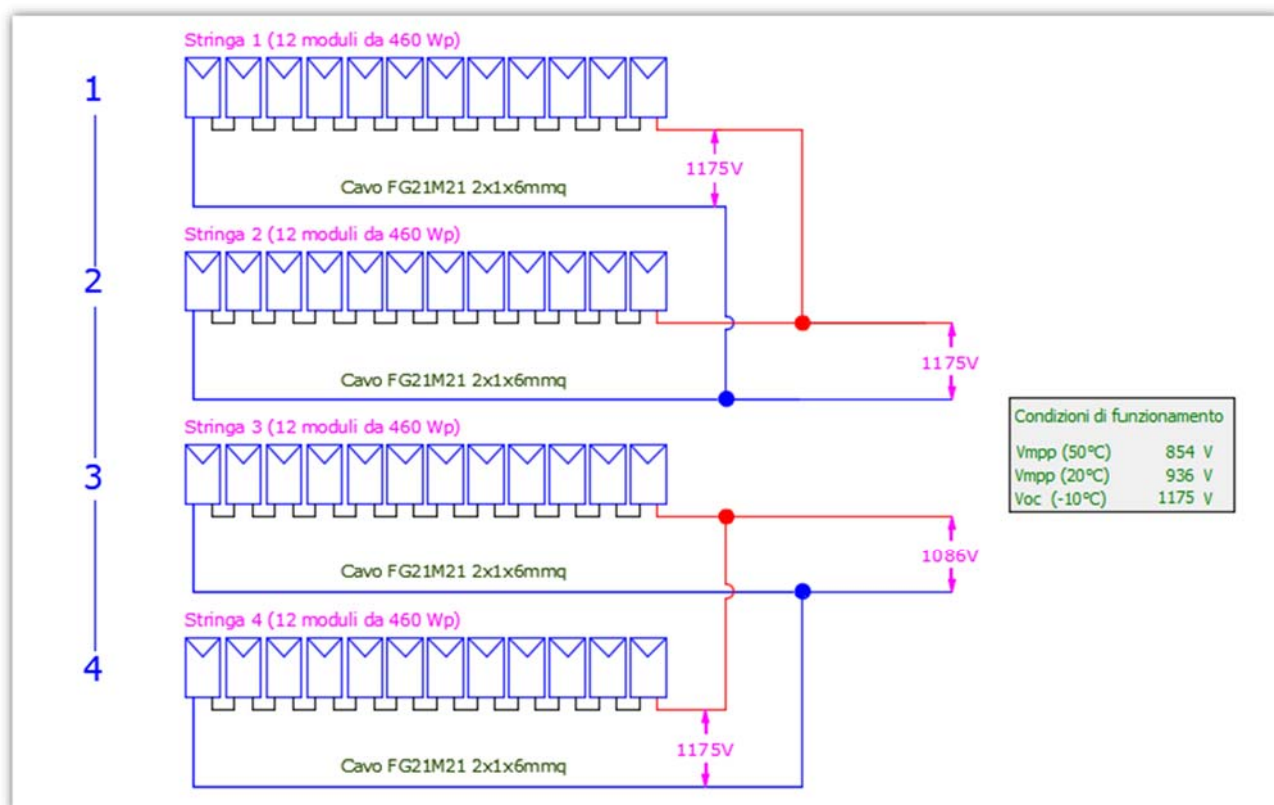


Fig. 2. Particolare collegamenti in serie moduli fotovoltaici

Le stringhe fanno capo direttamente ai 9 ingressi MPPT dell’inverter, così come indicato sul disegno di progetto. All’interno dell’inverter è effettuato il collegamento in parallelo delle stringhe.

Il numero di stringhe che fanno capo a ciascun inverter sono comunque definite nel progetto di dettaglio.

Nel campo fotovoltaico sono impiegati inverter in configurazione multi MPPT, con ogni inverter avente 36 ingressi suddivisi in 9 MPPT così come indicato nello stralcio seguente tratto dagli elaborati tecnici.

Per il campo fotovoltaico saranno installati in totale 255 inverter, il quale svolgerà la funzione di raccogliere e mettere in parallelo un certo numero di stringhe nonché sezionare e proteggere le stesse da sovracorrenti e sovratensioni per mezzo di sezionatore, fusibili di adeguata portata e scaricatori di sovratensione.

La configurazione utilizzata per il collegamento tra moduli, stringhe ed inverter, compatibile con le caratteristiche dei componenti indicate in dettaglio nella relazione tecnica generale e negli elaborati di progetto, è riportata nello schema seguente (vedere elaborato grafico specifico **Tavola\_07\_Schema elettrico collegamenti distribuzione lato DC**).

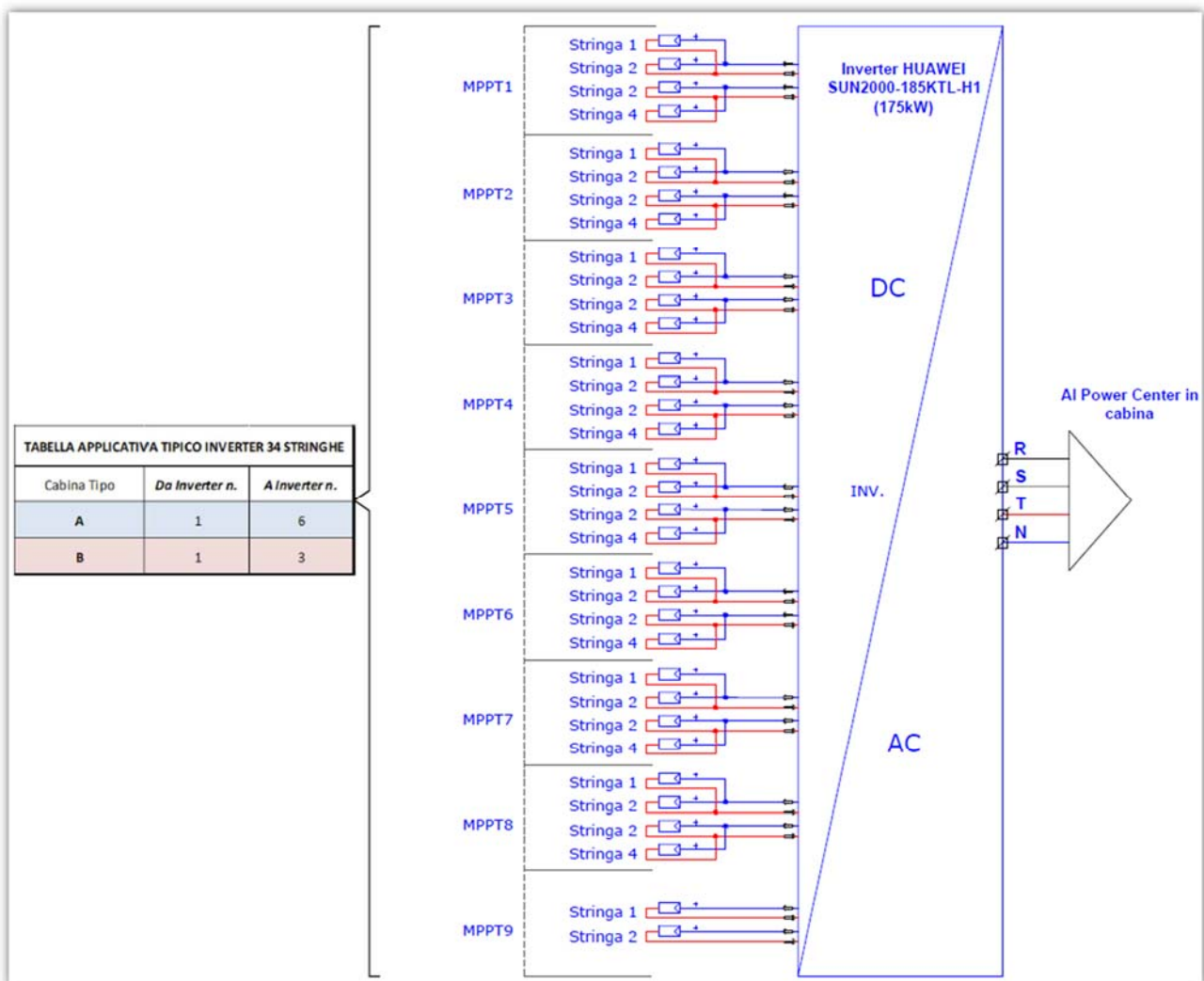


Fig. 1. Schema tipico di formazione stringa-INVERTER



## 4. CARATTERISTICHE DEI COLLEGAMENTI ELETTRICI

I conduttori utilizzati nell'impianto in oggetto avranno le seguenti caratteristiche tecniche.

### 4.1. Cavi MT

I cavi per le linee MT a 20kV avranno le seguenti caratteristiche di massima:

- *Designazione: ARE4H5E in accordo alla norma IEC 60502/CEI 20-13: conduttore unipolare, in corda rigida compatta a fili di alluminio, in accordo alla norma CEI 20-29, classe 2, con strato semiconduttore in mescola estrusa termoindurente, isolante XLPE, semiconduttore estruso saldato, nastro semiconduttivo antiumidità, schermo a nastro di alluminio laminato, guaina esterna in MDPE, colore rosso*
- *Grado di isolamento: 12/20kV*
- *Tensione nominale: 30kV*
- *Conduttori a corda rigida compatta di alluminio*
- *Formazioni: come da progetto*
- *Sezioni: come da progetto*

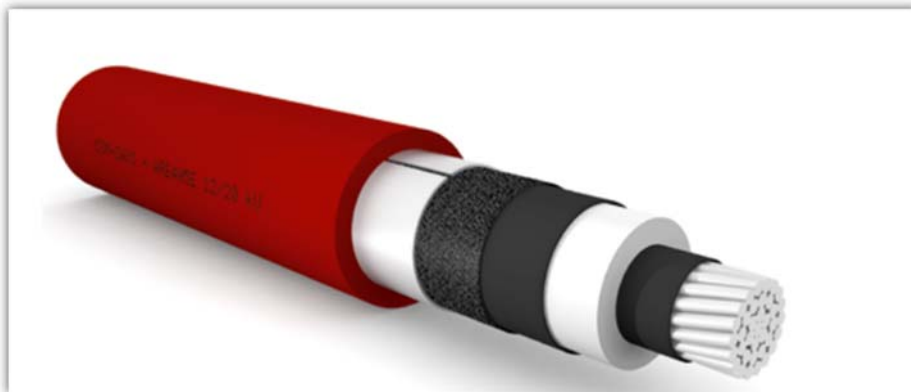


Fig. 2. Particolare degli strati costitutivi di un cavo MT ARE4H5E

### 4.2. Giunzioni, terminazioni ed attestazioni

#### Giunzione cavi MT

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

Convenzionalmente si definisce “giunzione” la giunzione tripolare dei tre conduttori di fase più schermo, pertanto ogni giunzione si intende 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 dritto, a compressione, adeguati alle caratteristiche e tipologie dei cavi sopra detti. Tutti i materiali occorrenti e le attività di



giunzione sono a carico dell'Appaltatore. Le giunzioni dovranno essere effettuate in accordo con la norma CEI 20-62 seconda edizione ed alle indicazioni riportate dal Costruttore dei giunti. L'esecuzione delle giunzioni deve avvenire con la massima accuratezza, seguendo le indicazioni contenute in ciascuna confezione. In particolare occorre:

- *prima di tagliare i cavi controllare l'integrità della confezione e l'eventuale presenza di umidità*
- *non interrompere mai il montaggio del giunto o del terminale*
- *utilizzare esclusivamente i materiali contenuti nella confezione*

Ad operazione conclusa devono essere applicate sul giunto delle targhe identificatrici (o consegnate delle schede) per ciascun giunto in modo da poter individuare: l'Appaltatore, l'esecutore, la data e le modalità di esecuzione. Ciascun giunto sarà segnalato esternamente mediante un cippo di segnalazione.

#### *Terminazione ed attestazione cavi MT*

Tutti i cavi MT posati in impianto dovranno essere terminati da entrambe le estremità. I terminali adatti ai tipi di cavi adottati verranno forniti in conto lavorazione dalla ditta appaltatrice incaricata dei lavori. L'esecuzione delle terminazioni deve essere eseguita esclusivamente da personale specializzato seguendo scrupolosamente le istruzioni fornite dalle ditte costruttrici in merito sia alle modalità sia alle attrezzature necessarie.

Convenzionalmente si definiscono "terminazioni" e "attestazioni" la terminazione ed attestazione tripolare dei tre conduttori di fase più schermo.

Nell'esecuzione delle terminazioni all'interno delle celle dei quadri, l'Appaltatore deve realizzare il collegamento di terra degli schermi dei cavi con trecce flessibili di rame stagnato, eventualmente prolungandole e dotandole di capocorda a compressione completo di relativa bulloneria per l'ancoraggio alla presa di terra dello scomparto.

Ogni terminazione deve essere dotata di una targa di riconoscimento in PVC atta a identificare: Appaltatore, Esecutore, data e modalità di esecuzione nonché l'indicazione della fase (R, S o T).

La maggior parte dei cavi per l'impianto di media tensione a 20kV saranno in alluminio di tipo unipolare schermati armati quindi oltre alla messa a terra dello schermo sopra detta, si dovrà prevedere anche la messa a terra dell'armatura del cavo. Tale armatura, che rimane esterna rispetto al terminale, sarà messa a terra in uno dei seguenti modi:

- *tramite la saldatura delle due bande di alluminio della codetta del cavo di rame;*
- *tramite una fascetta (di acciaio inossidabile o di rame) che stringa all'armatura la codetta di un cavo di rame;*



- *tramite morsetti a compressione in rame (previo attorcigliamento delle bande di alluminio componenti l'armatura ed unione alla codetta del cavo di rame).*

La messa a terra dovrà essere effettuata da entrambe le parti del cavo. Tale messa a terra sarà connessa insieme alla messa a terra dello schermo. Il cavo di rame per la messa a terra sia dell'armatura che dello schermo deve avere una sezione di 35mm<sup>2</sup>.

### 4.3. Modalità di posa

#### Generalità

Tutte le linee elettriche ed in fibra ottica oggetto della presente committenza saranno posate in cavidotti direttamente interrati o, dove indicato, posati all'interno di tubi. Il tracciato dei cavidotti è riportato nel documento di progetto.

I cavi elettrici saranno posati in uno scavo avente profondità dal piano stradale compresa tra 1 e 1,2m circa, con larghezza variabile a seconda della formazione.

Il cavo verrà adagiato su un letto di sabbia di spessore pari a 0,10m e sarà ricoperto da un ulteriore strato di sabbia di spessore minimo pari a 0,30m; tale cassonetto ospiterà anche la fibra ottica direttamente posata in terreno; sul cavo sarà posato un tegolino in plastica per la protezione meccanica.

Infine, ad una distanza di circa 0,20m dal cavo di fibra, verrà posato il nastro segnalatore. Successivamente lo scavo verrà ripristinato secondo le condizioni iniziali.

La posa dei conduttori si articolerà quindi essenzialmente nelle seguenti attività:

- *scavo a sezione obbligata della larghezza e della profondità indicata nel documento di progetto;*
- *posa dei conduttori e/o fibre ottiche. Particolare attenzione dovrà essere fatta per l'interramento della corda di rame che costituisce il dispersore di terra dell'impianto; infatti questa dovrà essere interrata in uno strato di terreno vegetale di spessore non inferiore a 20 cm nelle posizioni indicate dal documento di progetto;*
- *reinterro parziale con sabbia vagliata;*
- *posa dei tegoli protettivi;*
- *reinterro con terreno di scavo;*
- *inserimento nastro per segnalazione tracciato.*

Le ulteriori prescrizioni per le opere di tipo civile sono riportate nel capitolato delle opere civili; comunque la posa dovrà essere eseguita a regola d'arte nel rispetto delle normative vigenti.



### Modalità di posa dei cavi MT

I cavi MT dell'impianto saranno allettati direttamente nello strato di sabbia vagliata come descritto nel paragrafo precedente. Nella posa degli stessi cavi dovranno essere rispettati alcuni criteri particolari per l'esecuzione delle opere secondo la regola dell'arte come di seguito indicati:

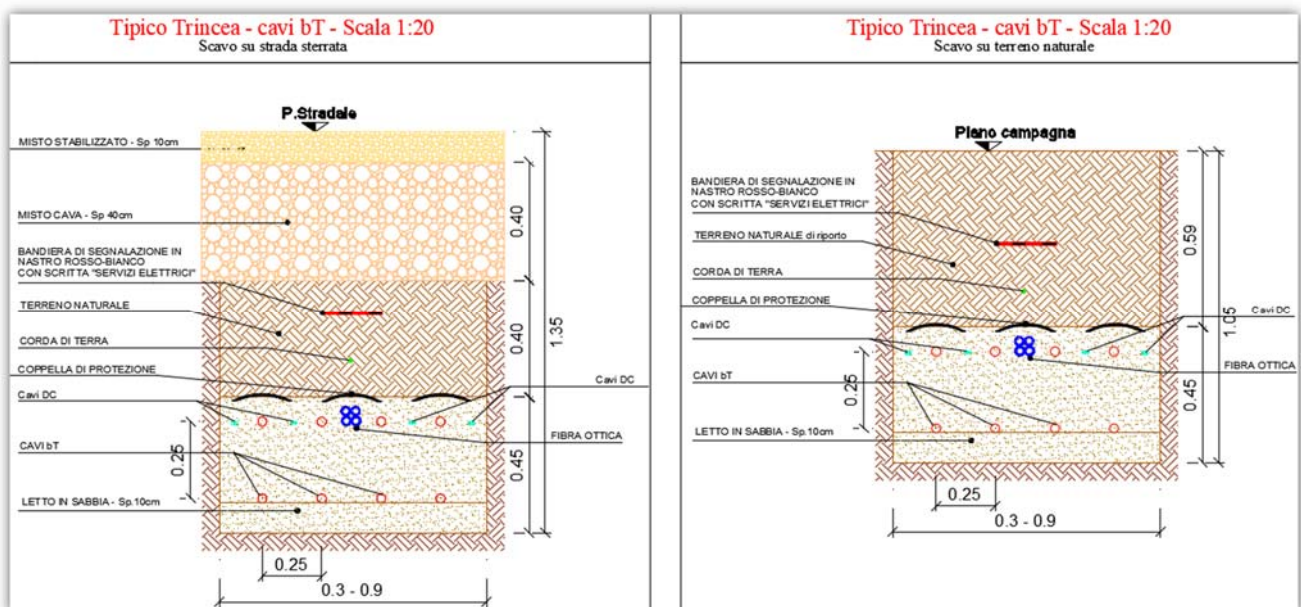
- *Tracciato delle linee: Il tracciato delle linee di media tensione dovrà seguire più fedelmente possibile la linea guida indicata nella planimetria generale d'impianto. In particolare il tracciato dovrà essere il più breve possibile e parallelo al fronte dei fabbricati dove presenti.*
- *Posa diretta in trincea: La posa del cavo può essere effettuato secondo i due metodi seguenti:*
  - A bobina fissa: da adottare quando il percorso in trincea a cielo aperto è intercalato con percorsi in tubazioni e quando il percorso è prevalentemente rettilineo o con ampi raggi di curvatura.
  - La bobina deve essere posta sull'apposito alzabobine, con l'asse di rotazione perpendicolare all'asse mediano della trincea e in modo che si svolga dal basso. Sul fondo della trincea devono essere collocati, ad intervalli variabili in dipendenza del diametro e della rigidità del cavo, i rulli di scorrimento. Tale distanza non deve comunque superare i 3 metri.
  - A bobina mobile: da adottare quando il percorso si svolge tutto in trincea a cielo aperto. Il cavo deve essere steso percorrendo con il carro portabobine il bordo della trincea e quindi calato manualmente nello scavo. L'asse del cavo posato nella trincea deve scostarsi dall'asse della stessa di qualche centimetro a destra e a sinistra seguendo una linea sinuosa, al fine di evitare dannose sollecitazioni dovute all'assestamento del terreno.
- *Temperatura di posa: Per tutto il tempo di installazione dei cavi, la temperatura degli stessi non deve essere inferiore a 0°C.*
- *Sforzi di tiro per la posa: Durante le operazioni di posa, gli sforzi di tiro che devono essere applicati ai cavi non devono superare i 60 N/mm<sup>2</sup> di sezione totale per i conduttori in rame e i 50 N/mm<sup>2</sup> di sezione totale per i conduttori in alluminio.*
- *Raggi di curvatura: Il raggio di curvatura dei cavi durante le operazioni di installazione non dovrà essere inferiore a quanto descritto nella seguente tabella:*

Sezione del cavo	3x1x50	3x1x70	3x1x95	3x1x120	3x1x150	3x1x185	3x1x240	
Cavo avvolto ad elica	81	87	91	94	98	102	108	
Sezione del cavo	1x120	1x150	1x185	1x240	1x300	1x400	1x500	1x630
Cavo unipolare	63	65	68	72	75	80	85	91

- *Messa a terra degli schermi metallici: Lo schermo metallico dei singoli spezzoni di cavo dovrà essere messo a terra da entrambe le estremità della linea. è vietato usare lo schermo dei cavi come conduttore di terra per altre parti dell'impianto.*

#### 4.4. Linee di bassa tensione impianto fotovoltaico

Tutte le condutture elettriche interrato saranno realizzate con cavi tipo ARG16OR16 0,6/1kV direttamente posati in trincea, su strato di allettamento in sabbia. Tali elettrodotti saranno posati ad una profondità di circa 1m rispetto al piano di campagna. Per la posa degli elettrodotti sarà quindi realizzato uno scavo di profondità 110cm e larghezza variabile secondo la formazione delle linee provenienti dagli inverter di stringa.



**Fig. 3. Particolare tipici trincee per cavidotti bT, in formazione variabile, rispettivamente su strada sterrata e su terreno naturale.**

Eseguito lo scavo, prima della posa dei cavidotti sarà realizzato un letto di sabbia dello spessore di circa 10cm; inoltre dopo la posa dei cavi essi saranno ricoperti con uno strato superiore di sabbia di spessore pari a 20cm. La parte rimanente dello scavo sarà riempito con terreno risultante dallo scavo, ovvero completando la richiusura con un pacchetto di tipo stradale carrabile in misto stabilizzato, secondo necessità. Il terreno di risulta, privo di scorie, sarà distribuito in loco, ovvero trasportato a discarica autorizzata qualora contaminato da scorie di lavorazione.

Lungo il percorso degli elettrodotti saranno realizzati dei pozzetti elettrici con funzione di rompitratta e/o derivazione rispettivamente per i tratti lineari più lunghi e per i punti di cambiamento di direzione. I pozzetti saranno con corpo in cls prefabbricato e chiusura superiore di chiusura in cls. Il fondo del pozzetto dovrà essere di tipo drenante per consentire il facile deflusso delle acque che in esso si raccolgono. Tutti i collegamenti dei





cavi dovranno essere realizzati in apposite scatole o pozzetti di derivazione e/o rompitratta; non sono ammessi collegamenti direttamente all'interno delle tubazioni e cavidotti. Nelle scatole di derivazione i collegamenti saranno eseguiti mediante appositi morsetti a cappello IPXD di sezione adeguata al numero e sezione dei conduttori da collegare. Nei pozzetti interrati invece i collegamenti di cavi saranno eseguiti esclusivamente mediante giunti a resina colata di dimensioni e numero di vie adeguate al numero e formazione dei cavi da giuntare. Tutti i cavi si attesteranno ai morsetti delle apparecchiature mediante appositi terminali a capocorda a crimpare. Si rimanda alle tavole grafiche di progetto per lo schema di dettaglio della posa di detti cavi, di cui si riportano qui di seguito alcune miniature.

#### 4.5. Cavi bT impianto di illuminazione

Nell'area dell'impianto fotovoltaico si prevede l'installazione di un sistema di illuminazione, costituito da due diversi fonti luminose:

- su palo alto ad altezza 4,00m, per l'illuminazione perimetrale lungo la recinzione dell'impianto;
- su palo basso di altezza circa pari ad 1m, per l'illuminazione della viabilità interna.

L'altezza dei pali alti è calcolata in modo da ridurre al minimo l'ombreggiamento degli stessi ai moduli, ed impedire fenomeni di riflessione aerodispersa durante l'accensione notturna.

Ogni palo alto sarà dotato di una sola sorgente luminosa con ottica parallela al terreno, con emissione luminosa pari a circa 6000lm alla temperatura di colore di 4000k ed alla corrente d'impiego di 350mA.

Ogni palo basso sarà dotato di una sorgente caratterizzata da una potenza massima assorbita di 8W, caratterizzata da ridotta emissione luminosa, pari a soli circa 400lm a 4000k:

L'impianto di illuminazione sarà realizzato con due circuiti trifase indipendenti, uno per l'illuminazione perimetrale, l'altro per l'illuminazione interna.

L'impianto sarà indipendente per ciascuno dei due sottoimpianti EST ed OVEST, singolarmente protetti e comandati dal quadro di alimentazione dell'impianto di illuminazione posto nei locali tecnici bT situati nel rispettivo sottoimpianto.

Dai locali tecnici bT partiranno quattro linee trifase in cavo, due destinate verso la parte sinistra d'impianto rispetto al locale stesso e l'altra verso la parte destra d'impianto.

Per i tratti di cui sopra è prevista la realizzazione delle seguenti opere:

- Elettrodotti interrati costituiti da cavo FG16OR16 posato in cavidotto interrato entro scavo realizzato sul margine della sede stradale, per una larghezza di 25cm; deposizione di un primo strato di sabbia di cava di altezza di circa 10cm, posa del cavidotto PVC serie pesante, ricoprimento con ulteriore sabbia di cava per una altezza di cm.30; compattazione con mezzi meccanici vibranti; rinterro con terreno di scavo in

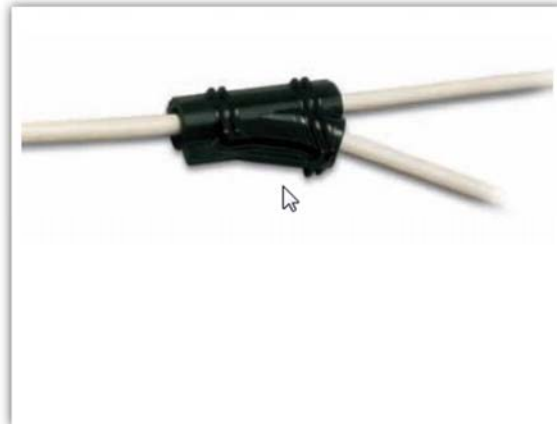
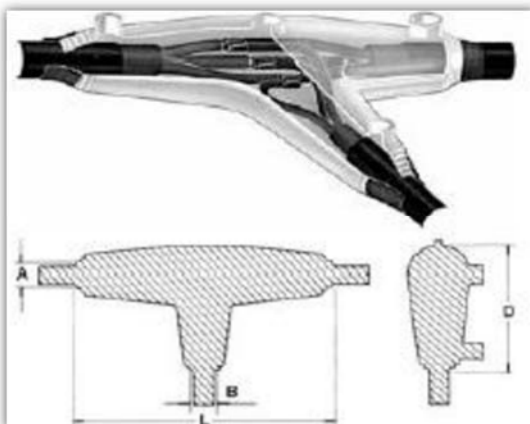
strati successivamente posati e compattati con mezzi meccanici fino a richiusura dello scavo, il tutto secondo le tavole di dettaglio esecutive.



- Plinti per pali di tipo prefabbricato dotati di foro per alloggiamento palo con asole per inserimento cavidotti nella maggior parte dei casi in cui è possibile tale soluzione progettuale, dotati di pozzetto ispezionabile di cablaggio delle dimensioni interne di cm 40x40 ed altezza variabile, completo di telaio e chiusino in ghisa carrabile, di dimensioni adeguate al tipo di palo.;



- Pali tronco conici dritti di altezza fuori terra da 4m con testa di diametro calibrato  $\varnothing$  60mm e dotati di morsettiera valvolata in classe II;
- Giunzione dei cavi eseguiti nei pozzetti mediante giunti a resina colata;





- Quadri elettrici posti in cabine Locali tecnici bT.

#### 4.6. Cavidotti per linee elettriche interrato.

Il cavidotto utilizzato per l'interramento delle linee in cavo tipo FG16OR16 sarà di tipo flessibile in PEAD, serie pesante, a doppia parete, liscia internamente e corrugata esternamente, di diametro pari a 63mm; esso sarà posato in uno scavo principalmente a margine della sede stradale, dove possibile, o direttamente in terreno agricolo, ad una profondità non inferiore a 100 cm.



Lungo il percorso del cavidotto saranno realizzati dei pozzetti di derivazione e rompitratta di tipo in cls con coperchio in ghisa carrabile e di dimensioni interne di cm 40x40 ed altezza variabile, in cui il cavidotto effettuerà l'entra esce.

#### 4.7. Protezione contro i contatti diretti.

Nell'impianto elettrico saranno adottate misure di protezione atte ad evitare il contatto delle persone con parti che normalmente sono in tensione. Tutte le parti attive dei componenti elettrici devono essere protette mediante isolamento o mediante barriere o involucri per impedire i contatti indiretti. Se uno sportello, pur apribile con chiave o attrezzo, è posto a meno di 2,5 m dal suolo e dà accesso a parti attive, queste devono essere inaccessibili al dito di prova (IPXXB) o devono essere protette da un ulteriore schermo con uguale grado di protezione, a meno che lo sportello non si trovi in un locale accessibile solo alle persone autorizzate. Le lampade degli apparecchi di illuminazione non devono diventare accessibili se non dopo aver rimosso un involucro o una barriera per mezzo di un attrezzo, a meno che l'apparecchio non si trovi ad una altezza superiore a 2,8 m



Tra i sistemi di protezione indicati nella sez. 412 della norma CEI 64-8, saranno adottati a seconda dei casi solamente quelli a protezione totale e tra questi quelli che prevedono l'impiego dell'isolamento totale delle parti attive e/o mediante l'impiego di involucri di protezione con grado di protezione non inferiore ad IP2X.

#### 4.8. Protezione contro i contatti indiretti.

Il sistema adottato per la protezione contro i contatti indiretti è quello del doppio isolamento o isolamento rinforzato di cui alla norma CEI 64-8. Per le linee elettriche aeree valgono le prescrizioni della Norma CEI 11-4.

Pertanto tutti i componenti elettrici saranno di classe II, in particolare saranno di classe II:

1. tutte le armature di illuminazione;
2. tutte le morsettiere valvolate d'ingresso poste all'interno dell'armatura di illuminazione;
3. i cavi multipolari da posarsi all'interno della cavità dei pali per il collegamento di una data armatura alla linea elettrica transitante nel pozzetto posto alla base del palo stesso; a tal fine questi cavi per essere equiparabili al doppio isolamento dovranno tutti essere dotati di guaina e avere una tensione nominale di almeno un gradino superiore alla tensione nominale del sistema elettrico in cui sono utilizzati (il sistema è 300/500V, i cavi dovranno avere tensione nominale almeno 450/750V). I cavo FG16OR16 avendo guaina e tensione nominale 0.6/1kV sono equiparabili al doppio isolamento e quindi sono idonei allo scopo.

## 5. DIMENSIONAMENTO DEI CAVI E PROTEZIONE CONTRO LE SOVRACORRENTI

Il dimensionamento dei conduttori è stato eseguito tenendo presente la corrente di impiego  $I_b$  ed imponendo una caduta di tensione totale massima del 2%, per ciascuna linea

Tale dimensionamento tiene inoltre conto del coordinamento tra caratteristiche della linea e degli interruttori per la protezione delle condutture contro il sovraccarico e il cortocircuito; a tale scopo occorre pertanto considerare anche la  $I_n$  e la caratteristica  $I^2t$  dell'interruttore posto a monte per la protezione di ogni linea.

Per ciascuna delle linee si è verificato quanto descritto nei due punti seguenti.

### 5.1. Protezione contro il sovraccarico

Per ogni linea sono state verificate le seguenti relazioni:

$$I_{b(F)} \leq I_{r(F)} \leq I_{z(F)}$$

$$I_{r(F)} \cdot (I_f/I_n) \leq 1,45 \cdot I_{z(F)}$$

$$I_{b(N)} \leq I_{r(N)} \leq I_{z(N)}$$

$$I_{r(N)} \cdot (I_f/I_n) \leq 1,45 \cdot I_{z(N)}$$

essendo:

- $I_b$  la corrente di servizio per conduttore di fase (F) o di neutro (N);
- $I_n$  la corrente nominale dell'interruttore di protezione della linea;
- $I_r$  la corrente di regolazione termica per lo sganciatore su polo di fase (F) o neutro (N)
- $I_z$  la portata del conduttore di fase (F) o di neutro (N);
- $I_f/I_n$  il rapporto tra la corrente minima di funzionamento dell'interruttore e la sua corrente nominale.

### 5.2. Protezione contro il cortocircuito

$$I^2t^{(1)} \leq K_f^2 S_f^2$$

$$I^2t^{(2)} \leq K_n^2 S_n^2$$

$$I_{cn} \geq I_{cc,max}$$

Punto di installazione del dispositivo di protezione

⇒

In partenza alla linea

essendo:

- $I^2t$  l'energia specifica lasciata passare dall'interruttore per:
  - (1) su sganciatore di fase alla corrente di c.to c.to massima (trifase) ai morsetti;
  - (2) su sganciatore adibito a protezione del neutro alla c.te di c.to c.to fase-neutro ai morsetti.
- $K$  coefficiente che tiene conto del tipo di materiale del conduttore e del tipo del suo isolante, per il conduttore di fase (f) o di neutro (n);
- $S$  la sezione del conduttore di fase (f), neutro (n);
- $I_{cn}$  il potere di interruzione nominale del dispositivo di protezione;
- $I_{cc,max}$  la corrente di corto circuito massima sulla linea (trifase ai morsetti per sistemi trifase e fase neutro ai morsetti per i sistemi monofase).

Per quanto indicato nei due punti precedenti, visto le sez. 433, 434 e l'art. 533.3 della norma CEI 64-8, tutte le linee risultano adeguatamente protette contro le sovracorrenti.





### 5.3. Cadute di tensione

Il dimensionamento delle sezioni dei conduttori principali è stato effettuato in base al criterio della portata di corrente, procedendo poi al calcolo di verifica della massima caduta di tensione ammissibile, considerando condizioni di posa sfavorevoli ed utilizzando le formule sotto riportate per il calcolo:

$$\Delta V = \sqrt{3} \cdot I \cdot L (R \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi)$$

$$\Delta V \% = \frac{\Delta V}{U} \cdot 100$$

dove:

*I* corrente di impiego (espressa in Ampere)

*L* lunghezza della linea

*R* resistenza della linea

*X* reattanza della linea

$\cos \varphi$  fattore di potenza del carico

*V* tensione concatenata per linea trifase

Queste verifiche sono state condotte su ciascuna linea, per ciascuna tratta.

#### 5.4. Dimensionamento Linee MT

Il dimensionamento è stato effettuato in modo tale che nelle peggiori condizioni di esercizio la caduta di tensione complessiva tra gli estremi della serie MT, ovvero tra le sbarre MT della cabina Slave più lontana, e le sbarre MT degli scomparti di partenza MT nei locali tecnici della SSE non superi in ogni caso il 2% della tensione nominale di impianto, come analiticamente dimostrato nelle tabelle che seguono.

SOTTOCAMPO	Subcampo	CARATTERISTICHE LINEE					CARATTERISTICHE SUBCAMPI			CARATTERISTICHE DE		CADUTA DI TENSIONE max	
		Tipo TRATTA	Denominazione TRATTA	LUNGHEZZA GEOMETRICA	SEZIONE	NUMERO TERNE	Pot. Nominale Subcampo kWp	Pot. Reale massima Subcampo kWp	Potenza reale max nel tratto [kWp]	CORRENTE Linea (max)	PORTATA		ΔU% (max)
										I <sub>L</sub>	I <sub>Z</sub>		
[A]	[A]	[%]											
3		richiusura anello	3.3-3.1	280	185	1		0,0	5796,0	174,49	257,54	0,09%	
	3.3	serie	3.3-3.2	50	185	1	3150	2898,0	2898,0	87,25	257,54	0,01%	
	3.2	fine serie	3.2-3.1	240	185	1	3150	2898,0	5796,0	174,49	257,54	0,08%	
	3.1	serie	3.1-SSE	2500	400	1	3150	2898,0	8694,0	261,74	382,76	0,57%	
<b>CADUTA DI TENSIONE TOTALE NELLA LINEA DEL SOTTOCAMPO</b>												<b>0,67%</b>	
4		richiusura anello	4.3-4.1	320	185	1		0,0	5796,0	174,49	257,54	0,10%	
	4.3	serie	4.3-4.2	175	185	1	3150	2898,0	2898,0	87,25	257,54	0,03%	
	4.2	fine serie	4.2-4.1	175	185	1	3150	2898,0	5796,0	174,49	257,54	0,06%	
	4.1	serie	4.1-SSE	620	400	1	3150	2898,0	8694,0	261,74	382,76	0,51%	
<b>CADUTA DI TENSIONE TOTALE NELLA LINEA DEL SOTTOCAMPO</b>												<b>0,60%</b>	
2		richiusura anello	2.5-2.1	615	400	1		0,0	11592,0	348,99	382,76	0,19%	
	2.5	serie	2.5-2.4	340	240	1	3150	2898,0	8694,0	261,74	299,52	0,13%	
	2.4	serie	2.4-2.3	525	240	1	3150	2898,0	5796,0	174,49	299,52	0,13%	
	2.3	serie	2.3-2.2	270	240	1	3150	2898,0	8694,0	261,74	299,52	0,10%	
	2.2	fine serie	2.2-2.1	200	400	1	3150	2898,0	11592,0	348,99	382,76	0,06%	
	2.1	serie	2.1-SSE	1050	400	2	3150	2898,0	14490,0	218,12	382,76	0,20%	
<b>CADUTA DI TENSIONE TOTALE NELLA LINEA DEL SOTTOCAMPO</b>												<b>0,53%</b>	
1		richiusura anello	1.4-1.1	250	240	1		0,0	8815,4	265,40	299,52	0,09%	
	1.4	serie	1.4-1.3	200	185	1	3194	2938,5	5877,0	176,93	257,54	0,07%	
	1.3	serie	1.3-1.2	215	185	1	3194	2938,5	5877,0	176,93	257,54	0,07%	
	1.2	fine serie	1.2-1.1	220	240	1	3194	2938,5	8815,4	265,40	299,52	0,08%	
	1.1	serie	1.1-SSE	1350	400	1	3194	2938,5	11753,9	353,86	382,76	0,42%	

#### 5.5. Dimensionamento Linee bT impianto di illuminazione

Il dimensionamento è stato effettuato in modo tale che nelle peggiori condizioni di esercizio la caduta di tensione complessiva tra gli estremi della serie bT, ovvero tra l'armatura più lontana ed il quadro bT nei locali tecnici non superi in ogni caso il 4% della tensione nominale di impianto, come analiticamente dimostrato nel preposto elaborato **D20\_ Schemi quadri elettrici e dimensionamento linee corpi illuminanti**, del quale si riporta in appresso uno stralcio riferito alla linea 1 del sottoimpianto Ovest:

**CALCOLO DELLA CADUTA DI TENSIONE SU LINEA ELETTRICA CON CARICHI DISTRIBUITI**

**QGU-O LINEA 1 PERIMETRALE OVEST**

TRATTI		TIPO DI CARICO A FINE TRATTO			CORRENTI SULLE FASI			CORRENTE DI IMPIEGO	LINEA DEL TRATTO		C.D.T. NEL TRATTO	C.D.T. TOTALE		
		MONOFASE	TRIFASE		1	2	3		LUNGHEZZA I	SEZIONE S		[V]	[V]	%
		CORRENTE	FASE DI COLL.											
DA	A	[A]	1 / 2 / 3	[A]	[A]	[A]	[A]	[m]	[mm <sup>2</sup> ]					
0.23	0.22	0,35	1	0,35	0	0	0,35	30	16	0,02	1,80	0,47		
0.22	0.21	0,35	2	0,35	0,35	0	0,35	30	16	0,02	1,78	0,47		
0.21	0.20	0,35	3	0,35	0,35	0,35	0,35	30	16	0,02	1,76	0,46		
0.20	0.19	0,35	1	0,7	0,35	0,35	0,7	30	16	0,04	1,74	0,46		
0.19	0.18	0,35	2	0,7	0,7	0,35	0,7	30	16	0,04	1,71	0,45		
0.18	0.17	0,35	3	0,7	0,7	0,7	0,7	30	16	0,04	1,67	0,44		
0.17	0.16	0,35	1	1,05	0,7	0,7	1,05	30	16	0,06	1,63	0,43		
0.16	0.15	0,35	2	1,05	1,05	0,7	1,05	30	16	0,06	1,58	0,41		
0.15	0.14	0,35	3	1,05	1,05	1,05	1,05	30	16	0,06	1,52	0,40		
0.14	0.13	0,35	1	1,4	1,05	1,05	1,4	30	16	0,07	1,46	0,39		
0.13	0.12	0,35	2	1,4	1,4	1,05	1,4	30	16	0,07	1,39	0,37		
0.12	0.11	0,35	3	1,4	1,4	1,4	1,4	30	16	0,07	1,32	0,35		
0.11	0.10	0,35	1	1,75	1,4	1,4	1,75	30	16	0,09	1,24	0,33		
0.10	0.9	0,35	2	1,75	1,75	1,4	1,75	30	16	0,09	1,15	0,30		
0.9	0.8	0,35	3	1,75	1,75	1,75	1,75	30	16	0,09	1,06	0,28		
0.8	0.7	0,35	1	2,1	1,75	1,75	2,1	30	16	0,11	0,97	0,25		
0.7	0.6	0,35	2	2,1	2,1	1,75	2,1	30	16	0,11	0,86	0,23		
0.6	0.5	0,35	3	2,1	2,1	2,1	2,1	30	16	0,11	0,74	0,20		
0.5	0.4	0,35	1	2,45	2,1	2,1	2,45	30	16	0,13	0,63	0,17		
0.4	0.3	0,35	2	2,45	2,45	2,1	2,45	30	16	0,13	0,50	0,13		
0.3	0.2	0,35	3	2,45	2,45	2,45	2,45	30	16	0,13	0,37	0,10		
0.2	0.1	0,35	1	2,8	2,45	2,45	2,8	30	16	0,15	0,25	0,06		
0.1	a quadro QGU-O	0,35	3	2,8	2,45	2,8	2,8	30	25	0,10	0,10	0,03		

**5.6. Conclusioni**

Per quanto indicato nel paragrafo precedenti, visto le sez. 433, 434 e l'art. 533.3 della norma CEI 64-8, tutte le linee risultano adeguatamente protette contro le sovracorrenti.

Le verifiche di caduta di tensione, condotte su ciascuna linea, sono risultate positive: la caduta di tensione complessiva tra i punti estremi delle linee non supera in ogni caso il 4%, valore imposto.

San Severo, Dicembre 2020

**STUDIO INGEGNERIA ELETTRICA**

Ing. MEZZINA Antonio

