

REGIONE BASILICATA



PROVINCIA DI POTENZA



COMUNE DI  
MONTEMILONE



Denominazione impianto:

**PERILLOPUC**

Ubicazione:

**Comune di Montemilone (PZ)  
Località "Masseria Perillo Quaglietta"**

Foglio: 27/17

Particelle: varie

## PROGETTO DEFINITIVO

**per la realizzazione di un impianto agrovoltaico da ubicare nel comune di Montemilone (PZ) in località "Masseria Perillo Quaglietta", potenza nominale pari a 19,989 MW in DC e potenza in immissione pari a 18 MW AC, con sistema di accumulo da 10 MW, e delle relative opere di connessione alla RTN ricadenti nello stesso comune.**

PROPONENTE



**AMBRA SOLARE 24 S.R.L.**

Via Tevere n.41 – 00198 Roma (RM)

P.IVA 16109721007

PEC: ambrasolare24@legalmail.it

ELABORATO

**RELAZIONE DI CALCOLO FINALE**

Tav. n°

Codice Pratica:

202101106

Aggiornamenti

Numero	Data	Motivo	Eseguito	Verificato	Approvato
Rev 0	Novembre 2021	Istanza per l'avvio del procedimento di Valutazione di Impatto Ambientale ai sensi dell'Art.23 del D.Lga.152/2006 e ss.mm.ii.			

IL PROGETTISTA

Studio d'ingegneria  
Dott. Ing. SAVERIO GRAMEGNA  
Via Caduti di Nassiriya n.179  
70022 Altamura (BA)  
Ordine degli Ingegneri di Bari n. 8443  
PEC: saverio.gramegna@ingpec.eu  
Cell: 3286812690

progettista:



IL TECNICO

Studio d'ingegneria  
Dott. Ing. SAVERIO GRAMEGNA  
Via Caduti di Nassiriya n.179  
70022 Altamura (BA)  
Ordine degli Ingegneri di Bari n. 8443  
PEC: saverio.gramegna@ingpec.eu  
Cell: 3286812690



Spazio riservato agli Enti

## 1.INTRODUZIONE

La seguente Relazione Tecnica Specialistica ha lo scopo di fornire la descrizione tecnica, le scelte e i calcoli degli impianti elettrici, in media tensione ( MT – 30 kV ) ed in alta tensione ( AT – 150 kV ), necessari alla connessione dell'impianto di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile agrovoltaica di potenza  $P = 19,989$  MWp ( lato corrente continua ).

Sono descritte, inoltre, tutte le pertinenze necessarie all'immissione dell'energia generata dall' impianto di produzione denominato **PERILLOPUC**.

La società AMBRA SOLARE 24 S.R.L., con sede legale in Roma, alla via Tevere, 41 – 00198, P.IVA 16109721007, per la realizzazione di un impianto agrovoltaico da ubicare nel comune di Montemilone (PZ) in località "Masseria Perillo Quaglietta", potenza nominale pari a 19,989 MW in DC e potenza in immissione pari a 18 MW AC, con sistema di accumulo da 10 MW, e delle relative opere di connessione alla RTN ricadenti nello stesso comune.

Richiesta di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) di un impianto di generazione da fonte agrovoltaico da 20 MW integrato con sistema di accumulo da 10 MW da realizzare nel Comune di Montemilone (PZ). La potenza richiesta ai fini della connessione è pari a 30 MW in immissione e 10 MW in prelievo. Codice Pratica: 202101106

La Soluzione Tecnica Minima Generale per Voi elaborata prevede, come da Voi richiesto, che il Vs. impianto venga collegato in antenna a 150 kV sulla futura Stazione Elettrica di Trasformazione (SE) della RTN 380/150 kV da inserire in entra-esce sulla linea 380 kV "Melfi 380 – Genzano 380".

Come di vedrà più avanti, a livello di media tensione 30 kV si utilizzerà la connessione con la soluzione del "condominio condiviso", secondo la quale sullo stesso sistema a 30 kV si collegheranno più produttori, secondo le condizioni dettate da TERNA ed agli accordi tra i produttori stessi.

## **2.DATI CATASTALI ED UBICAZIONE DELL'IMPIANTO E DELLE STAZIONI ELETTRICHE**

I dati di riferimento sul territorio sono i seguenti.

### **Impianto Agrovoltaico**

Dati catastali:

- Fogli N° 17/27 del Comune di Montemilone (PZ)
- Particelle Varie

### **Stazione Elevatrice dei Produttori 30/150 kV**

Dati catastali:

- Foglio N° 32 del Comune di Montemilone ( PZ )
- Particella N° 155
- Coordinate 15.9053939  
40.9991378

### **Nuova Stazione SSE – 380/150 kV di RTN**

Dati catastali:

- Foglio N° 32 del Comune di Montemilone ( PZ )
- Particelle N° 253 – 49 – 66 – 58 – 105
- Coordinate 40° 59' 48.75"N  
15° 54' 05.09"E
- Altitudine 370 mt s.l.m.

### **3. ELABORATI DI RIFERIMENTO**

Gli elaborati grafici di riferimento da considerare per connessione dell'impianto di produzione alla rete RTN sono i seguenti allegati:

- Relazione Tecnica Specialistica
- Elaborati catastali
- Elaborati CTR – Carta Tecnica Regionale
- Elaborati PPR – Piano Paesaggistico Regionale
  - PPR – Fiumi
  - PPR – Reticolo Idrografico
  - PPR – Rete Servizi
  - PPR – Beni Paesaggistici
  - PPR – Scarpate
  - PPR – Boschi
- Elaborati ortofoto
- Planimetria elettromeccanica Stazione Elevatrice 30 / 150 kV
- Edificio per contenimento Quadro MT – 30 kV di Raccolta; Servizi Ausiliari – Sistema Misure – Supervisione
- Schema unifilare MT – AT 30/150 kV Stazione Elevatrice.

#### **NOTA**

Tutti gli elaborati grafici relativi all'impianto di produzione, sono da considerarsi di pertinenza della connessione.

### 3.1 Quadro di media tensione di “raccolta”

Le 2 cabine di trasformazione di campo sono collegate tra di loro, lato media tensione 30 KV, in una configurazione “entra-esci” ad anello chiuso-aperto, mediante una linea in cavo interrata, tipo RG7H1M1- 3x1x185 mmq.

L’anello parte ed arriva in un quadro MT-30 KV di “raccolta”, costituito essenzialmente delle seguenti unità funzionali con sviluppo da sinistra verso destra:

- N° 1 unità di “partenza linea MT verso stazione elevatrice”, costituita da:
  - Struttura.
  - Sbarre.
  - Derivatori capacitivi con lampade di segnalazione di presenza tensione.
  - Sezionatore di terra corredato di blocco a chiave.
  - Resistenza anticondensa
  - N°2 trasformatori di corrente toroidale, 300/1 A
  - N°1 trasformatore di corrente toroidale omopolare

#### **N.B. Da tale unità sarà derivata la linea in cavo per la connessione dell’impianto con la stazione elevatrice 30/150 KV**

- N° 1 unità di “protezione generale”, costituita da:
  - Struttura.
  - Sbarre.
  - Sezionatore di linea
  - Interruttore in gas In=630 A; corredato di comando motore, sganciatori di apertura e di chiusura, contatti ausiliari, blocco a chiave.
  - Relè di protezione tipo NA30 ( ANSI 50-51-51N-50N-67N )
  - Derivatori capacitivi con lampade di segnalazione di presenza tensione.
  - Sezionatore di terra corredato di blocco a chiave.
  - Resistenza anticondensa.
  
- N° 1 unità di “risalita sbarre”, costituita da:
  - Struttura.
  - Sbarre.
  - Resistenza anticondensa
  
- N° 1 unità “misure con scaricatori”, costituita da:
  - Struttura.
  - Sbarre.
  - Sezionatore di linea, corredato di contatti ausiliari e blocco a chiave
  - Terna di trasformatori di tensione fase-terra;  $V_1=30\text{ KV:rad }3$  ;  $V_2=100\text{ V : rad}3$ ;  
 $V_2=100\text{ V :}3$ .
  - Derivatori capacitivi con lampade di segnalazione di presenza tensione.
  - Sezionatore di terra corredato di blocco a chiave.
  - Resistenza anticondensa.
  - Terna di scaricatori unipolari.

- N° 1 unità di “protezione trasformatore ausiliari”, costituita da:
  - Struttura.
  - Sbarre.
  - Sezionatore di linea corredato di contatti ausiliari e di blocco a chiave.
  - Interruttore in gas  $I_n=630$  A; corredato di comando motore, sganciatori di apertura e di chiusura, contatti ausiliari, blocco a chiave.
  - Relè di protezione ( ANSI 50-51-51N-50N )
  - N°2 trasformatori di corrente toroidale, 100/1 A
  - N°1 trasformatore di corrente toroidale omopolare
  - Derivatori capacitivi con lampade di segnalazione di presenza tensione.
  - Sezionatore di terra corredato di blocco a chiave.
  - Resistenza anticondensa.
  
- N° 1 unità con “protezione di interfaccia”, costituita da:
  - Struttura.
  - Sbarre.
  - Sezionatore di linea corredato di contatti ausiliari e di blocco a chiave.
  - Interruttore in gas  $I_n=630$  A; corredato di comando motore, sganciatori di apertura e di chiusura, contatti ausiliari, blocco a chiave.
  - Relè di protezione NV10P ( ANSI 27-59-59N-81V-81L-81H )
  - Terna di sensori di tensione
  - Derivatori capacitivi con lampade di segnalazione di presenza tensione.
  - Sezionatore di terra corredato di blocco a chiave.
  - Resistenza anticondensa.
  
- N° 1 unità di “protezione di linea entra-esci”, costituita da:
  - Struttura.
  - Sbarre.
  - Sezionatore di linea
  - Interruttore in gas  $I_n=630$  A; corredato di comando motore, sganciatori di apertura e di chiusura, contatti ausiliari, blocco a chiave.
  - Relè di protezione tipo NA30 ( ANSI 50-51-51N-50N-67N )
  - N°2 trasformatori di corrente toroidale, 300/1 A
  - N°1 trasformatore di corrente toroidale omopolare
  - Derivatori capacitivi con lampade di segnalazione di presenza tensione.
  - Sezionatore di terra corredato di blocco a chiave.
  - Resistenza anticondensa.

## **4. DIMENSIONAMENTO DELLA LINEA INTERRATA IN CAVO MT – 30 kV TRA LA CABINA DI RACCOLTA DELL' IMPIANTO E LA STAZIONE ELEVATRICE DEL PRODUTTORE 30/150 KV**

### **4.1 PREMESSA**

In tale parte sarà trattato il dimensionamento della linea in cavo, interrata, ad un livello di tensione di 30 kV, deputata al collegamento tra il quadro MT-30 KV di "raccolta" dell'energia generata riveniente dalle cabine di trasformazione elevatrici periferiche, con il quadro MT-30 KV a servizio della Stazione Elevatrice 30/150 KV del produttore. Il percorso della linea in MT, partendo dall'impianto di produzione interesserà le aree desumibili dagli elaborati di progetto.

Per tale linea di collegamento il dimensionamento comprenderà i seguenti calcoli e verifiche:

- Calcolo della portata reale  $I_z$  di corrente.
- Calcolo della caduta di tensione, assoluta e percentuale.
- Verifica della tenuta alle correnti di corto circuito.
- Energia dissipata in perdite per la trasmissione.

### **4.2 DATI DI PARTENZA**

I dati di partenza del dimensionamento sono:

- Potenza di riferimento  $P= 11,20$  MVA ( lato AC )
- Tensione di alimentazione.  $V= 30$  KV
- Frequenza.  $F= 50$  Hz
- Corrente di impiego  $I_b= 216$  A
- Lunghezza della linea.  $L= 6.970$  mt

### **4.3 CALCOLO DELLA PORTATA REALE DI CORRENTE**

Il calcolo della portata reale  $I_z$  di corrente è stata effettuato in ossequio alle raccomandazioni della norma CEI – UNEL 35027 "CAVI DI ENERGIA PER TENSIONI NOMINALI U DA 1 kV A 30 kV – PORTATE DI CORRENTE IN REGIME PERMANENTE -POSA IN ARIA ED INTERRATA". Revisione Anno 2009-04

**Nota : L'utilizzo della succitata norma è stato quello di avere un riferimento procedurale, in quanto la stessa fa riferimento a cavi ( tripolari o unipolari ) di sezione massima di 300 mmq**

La portata reale  $I_z$  di un cavo, in una determinata condizione di installazione, si ricava con la relazione:

$$I_z = I_0 \cdot K$$

ove:

- $I_0$  = portata teorica dei cavi
- $K$  = coefficiente di correzione totale, ed è il prodotto di più coefficienti

La portata di corrente si riferisce a cavi funzionanti in sistemi trifasi equilibrati con frequenza di 50 Hz.

La portata di corrente teorica  $I_0$  indicata nella norma è stata calcolata considerando un funzionamento in regime permanente con un fattore di carico del 100%; la norma indica che se per alcune condizioni di funzionamento il carico risulta essere variabile o intermittente, le portate di corrente possono essere più elevate; tale condizione è tipica degli impianti di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica. Si è considerato, come più avanti descritto, un incremento del 15%, come raccomandato.

Inoltre la norma CEI – UNEL – 35027 considera esclusivamente cavi con conduttori in rame; i cavi ipotizzati sono con conduttori in alluminio, per cui secondo le indicazioni della norma, per ottenere le portate teoriche, si dovrà fare riferimento ai valori con conduttori in rame, applicando un coefficiente di riduzione pari a 0,78.

### **Condizioni di posa**

Le condizioni di posa delle linee in cavo oggetto del dimensionamento, sono:

- Cavi unipolari entro tubazione interrata
- Lo spazio tra il cavo e la superficie interna della tubazione, si considera libero.

In ossequio alla norma CEI – EN – 35027 la condizione di posa prevista è :

- Riferimento E4: una terna di cavi unipolari entro tubazione.

Le tubazioni previste sono in polipropilene, flessibili, corrugate, confezionamento in rotoli, corredate di manicotto terminale di giunzione; conformi alla norma CEI – EN – 50086 – 2 – 4 ( CEI 23 – 463 ) diametro esterno  $De = 200$  mm, resistenza allo sfilacciamento 40 J.

Conforme alla tabella di unificazione ENEL M5.1.

### **Coesistenza tra cavi di energia e gasdotti**

La coesistenza tra cavi di energia e gasdotti è regolamentata dal DM del 24-11-1984, modificato dal DM del 16-04-2008- “ Norme di sicurezza antincendio per il trasporto, la distribuzione e l’accumulo e l’utilizzo del gas naturale con una densità non superiore a 0,8 “. In caso di incroci, tra cavi di energia u tubazioni convoglianti gas naturali, le condizioni di posa ed i provvedimenti da adottare si dovranno definire con gli enti proprietari o concessionari.

### **Attraversamenti di strade statali e provinciali**

In corrispondenza degli attraversamenti delle linee in cavo, su strade statali e su strade provinciali, la linea in cavo deve essere disposta entro tubazioni, la cui profondità di posa non sarà minore di 1 mt; la distanza è calcolata dall’estradosso superiore della tubazione.

### **Coesistenza tra i cavi di energia ed i cavi di telecomunicazione**

Circa gli incroci dei cavi di energia con quelli di comunicazione, quando uno dei cavi è protetto da una tubazione ( o similari ) non è necessario osservare alcuna precauzione. Nel caso di parallelismi, invece, la distanza minima, in proiezione su di un piano orizzontale, non sarà inferiore a 0,30 mt.



### Tipologia di cavo previsto

I cavi unipolari previsti sono del tipo ARE4H1ER (X) caratterizzati dalle seguenti caratteristiche:

- Produttore NEXANS
- Tensioni nominali 18/30 kV
- Norma di riferimento HD 620 – IEC 60502 -2
- Temperatura massima del conduttore 90° C
- Temperatura massima in corto circuito 250° C
- Anima in conduttore a corda rotonda compatta di alluminio
- Semiconduttori interno/esterno in mescola estrusa
- Isolante in mescola di elastomero termoplastico ( qualità HPTE )
- Rivestimento protettivo in nastro semiconduttore igroespandente
- Schermatura in nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale.
- Guaina esterna in polietilene di colore rosso ( qualità DMP 2 )
- Posa: entro cunicoli; tubazioni interrate; interrato; in aria libera; interrato con protezione meccanica.

### Portata teorica I<sub>0</sub>

Non potendo utilizzare le tabelle della norma per i limiti di sezione, come portata teorica si è considerata quella fornita dal costruttore.

La portata indicata è riferita alle seguenti condizioni:

- Temperatura massima del conduttore 90° C
- Temperatura del terreno 20° C
- Profondità di posa ( 0,8 – 1,00 ) mt
- Resistività termica del terreno 1 °C • m/W
- Posa a trifoglio
- Sezione scelta per il dimensionamento. S= 240 mmq
- Formazione ( 3 x 1 x 240 mmq )

La portata teorica fornita dal produttore è. **I<sub>0</sub>= 413 A**

Considerando l'incremento del 15%, considerando la corrente intermittente, la portata teorica del cavo , diventa **I<sub>0</sub>= 475 A**

### **Caratteristiche elettriche**

Le caratteristiche elettriche del cavo scelto, di sezione  $S = 240 \text{ mm}^2$ , sono:

- Resistenza apparente dei cavi, per posa interrata, configurazione a trifoglio, alla temperatura di  $90^\circ\text{C}$ , tensione 18/30 KV  
 $R=0,161 \text{ ohm/km}$
- Reattanza di fase dei cavi, a 50 Hz, per posa interrata, configurazione a trifoglio,  
 $X = 0,115 \text{ ohm/km}$ , tensione 18/30 KV

### **Caratteristiche fisiche**

Le caratteristiche fisiche dei conduttori unipolari, di sezione  $S= 240 \text{ mm}^2$ , sono:

- Diametro conduttore  $D_c = 18,5 \text{ mm}$
- Diametro sull'isolante  $D_i = 32,7 \text{ mm}$
- Diametro esterno  $D_e = 47,4 \text{ mm}$
- Diametro circoscritto  $D_c = 102,4 \text{ mm}$
- Raggio minimo di curvatura  $R_m = 760 \text{ mm}$
- Peso  $P= 2,080 \text{ Kg/mt}$

### **Calcolo delle portate reali**

La portata reale  $I_z$  della configurazione scelta di cavi, nelle condizioni reali, è data da:

$$I_z = I_0 \cdot k$$

ove:

- $I_0$  = portata teorica dei cavi
- $K$  = coefficiente di correzione totale , che è il prodotto di più coefficienti

Il coefficiente totale di correzione  $k$  è :

$$K = K_{tt} \cdot K_p \cdot K_r \cdot K_d , \text{ ove:}$$

- $K_{tt}$ : coefficiente di correzione per la temperatura del terreno diversa da  $20^\circ\text{C}$ .  
Tabella 18 della Norma.  
Alla profondità di posa del cavo si è prevista , molto verosimilmente, una temperatura di  $20^\circ\text{C}$ ,  $K_{tt} = 1$ .
- $K_p$ : coefficiente di correzione per valori di profondità di posa diversi da 0,8 mt.  
Tabella 21 della Norma.  
La profondità di posa considerata assume che le caratteristiche del suolo siano omogenee e che non vi sia essiccazione del terreno nella regione circoscritta ai cavi.  
Si è ipotizzata una profondità di posa, in alcune condizioni, di 1,2 mt; quindi  $K_p = 0,95$ .

- $K_r$  = coefficiente di correzione per valori di resistività termica diversi da  $1,5 \text{ k} \cdot \text{m/W}$ . Tabella 25 della Norma.  
È stata considerata una resistività termica di  $2 \text{ }^\circ\text{C} \cdot \text{m/W}$ , quindi  $K_r = 0,90$
- $K_d$  = coefficiente di spaziatura tra cavi presenti nello stesso scavo.  
Tabella 18 della Norma.  
È stato considerato quindi

$$K = K_{tt} \cdot K_p \cdot K_r \cdot K_d = 1 \cdot 0,95 \cdot 0,90 \cdot 1 = 0,812$$

La portata reale della linea in cavo prevista, in virtù delle riduzioni ed incrementi indicati, diventa :

$$I_z = 475 \times 0,812 = 386 \text{ A}$$

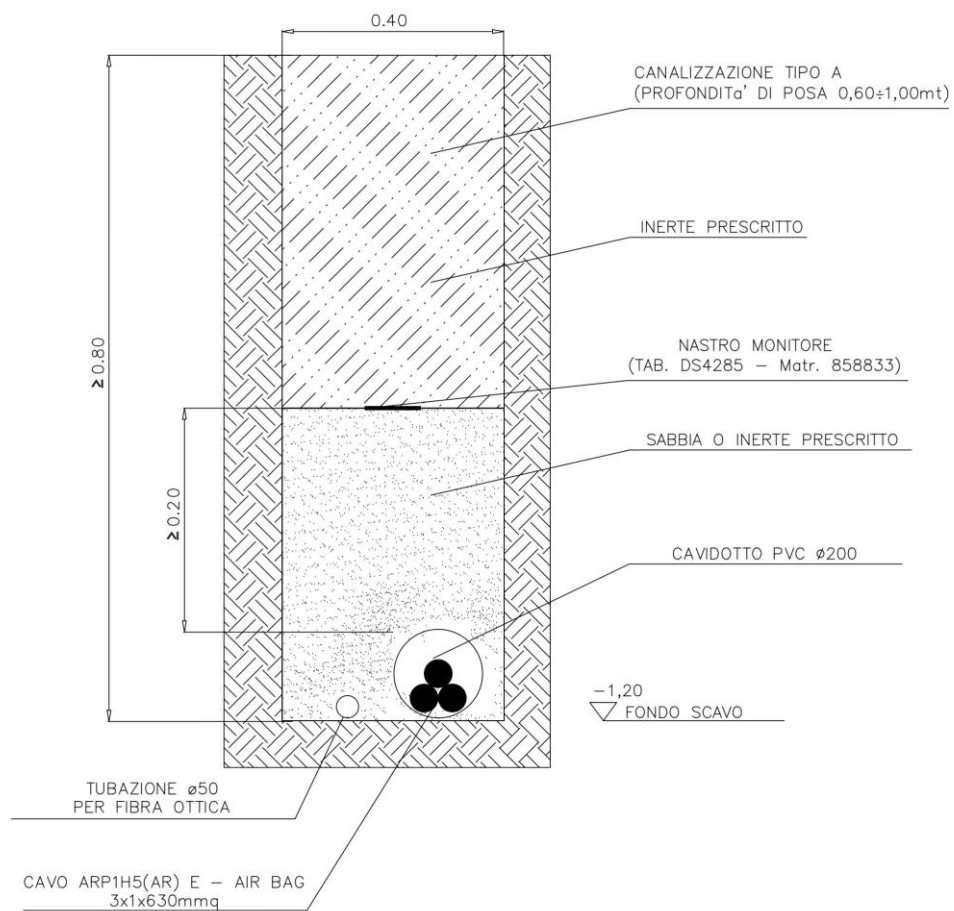
$$\mathbf{I_z = 386 \text{ A}}$$

Nelle figure seguenti  $r$  sono indicate, rispettivamente:

- Fig. 5.1 Sezione Tipica S1 ( posa su strada sterrata o su terreno agricolo )
- Fig. 5.2 Sezione Tipica S2 ( posa su strada stradale )

## SEZIONE TIPICA "S1"

- N. 1 CAVO MT - POSA SU STRADA STERRATA O TERRENO NATURALE AGRICOLO  
MODALITA' DI POSA: IN TUBO PROTETTIVO  
INTERRATO (CEI 11-17)
- CAVO UNIPOLARE - 18 /30 kV  
(CEI - UNEL 35027)
- PROFONDITA' DI POSA: CEI 11-17



**Fig. 5.1**

## SEZIONE TIPICA "S2"

- N. 1 CAVO MT - POSA SU STRADA STRADALE  
MODALITA' DI POSA: IN TUBO PROTETTIVO  
INTERRATO (CEI 11-17)
- CAVO UNIPOLARE - 18/ 30 kV (CEI - UNEL 35027)  
PROFONDITA' DI POSA: CEI 11-17

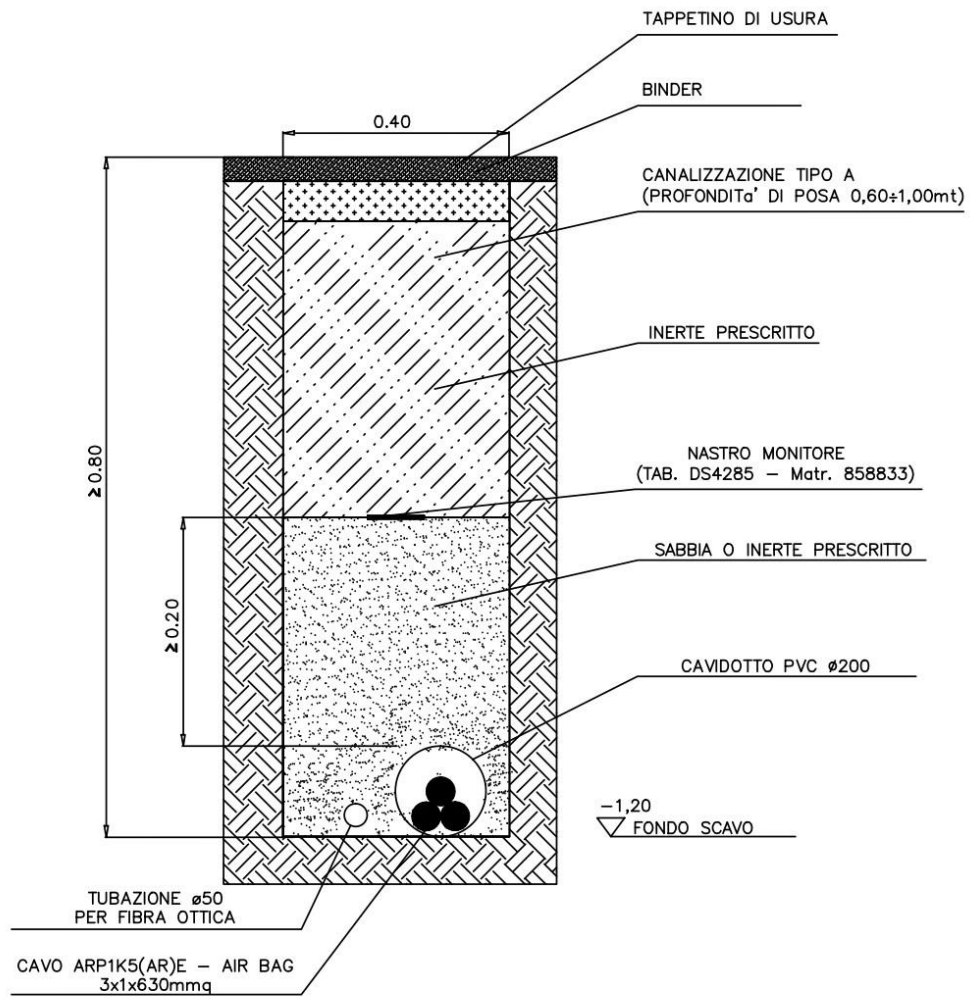


Fig. 5.2

### **Verifica della congruità della portata di corrente dei cavi previsti**

La corrente di impiego  $I_b$  in transito sulla linea è  $I_b = 289 \text{ A}$

La portata reale della linea, per quanto esposto è  $I_z = 386 \text{ A}$

Essendo  $I_z > I_b$  ;  $386 > 289 \text{ A}$

**Quindi circa la portata  $I_z$ , la sezione prevista  $S = 240 \text{ mm}^2$ , è congrua.**

### **4.4 CALCOLO DELLA CADUTA DI TENSIONE**

Nel caso di corrente alternata la caduta di tensione è calcolata con la relazione

$\Delta V = K \cdot I \cdot L ( R \cdot \cos \phi + X \cdot \sin \phi )$  ove:

$K = 1,73$  per linee trifasi

$I =$  corrente di impiego;  $I_b = 289 \text{ A}$

$L =$  lunghezza della linea ( Km ) = 6.970 Km

$R =$  resistenza della linea alla temperatura massima di servizio ( ohm/km )

$X =$  reattanza di fase della linea ( ohm/km )

$\cos \phi =$  fattore di potenza, posto pari a 0,95

I valori della resistenza  $R$  e della reattanza  $X$ , forniti dal costruttore, valgono :

#### **Resistenza R**

- $S = 240 \text{ mm}^2$                        $R = 0,161 \text{ ohm/km}$

#### **Reattanza X**

- $S = 240 \text{ mm}^2$                        $X = 0,115 \text{ ohm/km}$

Si è imposto un valore limite massimo per i collegamenti di media tensione in esame, pari al 3%; quindi:

$$\Delta V = K \cdot I \cdot L ( R \cdot \cos \phi + X \cdot \sin \phi = 1,73 \cdot 289 \cdot 6,970 \cdot ( 0,161 \cdot 0,95 + 0,115 \cdot 0,31 )$$
$$= 657 \text{ Volt}$$

Quindi il valore assoluto della caduta di tensione è  $\Delta V = 657 \text{ Volt}$

Il valore percentuale della caduta di tensione  $\Delta V\% = \Delta V / V \times 100 = 2,19\%$

## Verifica della congruità della caduta di tensione

Dai calcoli si è ottenuta una caduta di tensione assoluta  $\Delta V = 657$  Volt ed una caduta di tensione percentuale  $\Delta V\% = 2,19\%$

$$\Delta V\% = 2,19\% < 3\%$$

**Quindi circa la caduta di tensione percentuale, la sezione prevista  $S = 240$  mmq, è congrua.**

## 4.5 ENERGIA DISSIPATA IN PERDITE PER LA TRASMISSIONE

Per ogni ora di funzionamento, a pieno carico, si verifica una perdita di potenza per effetto Joule, pari a  $P = RI^2 = 0,161 \times 6,970 \times 289^2 = 99$  KW.

Supponendo un numero di ore annuo di funzionamento pari a 1200 ore, ne consegue una perdita di energia pari a  **$E_a = 118,8$  MWh**

## 4.6 VERIFICA DELLA TENUTA ALLE CORRENTI DI CORTO CIRCUITO

Come si evince dagli elaborati grafici la stazione elettrica elevatrice dell'impianto 30/150 kV prevede N°2 trasformatori elevatori, di cui uno di prima installazione ed il secondo di futura installazione, cadauno di caratteristiche:

- Potenza nominale  $P = 63 - 80$  MVA ( ONAN-ONAF )
- Tensione primaria  $V_1 = 150$  kV  $\pm 12 \cdot 1,25\%$
- Tensione secondaria  $V_2 = 30,6$  kV
- Tensione di corto circuito  $V_{cc} = 10\%$
- Corrente nominale secondaria  $I_z = 963$  A

Considerando la potenza della rete a 150 KV, di potenza infinita rispetto a quella dei trasformatori, la corrente di corto circuito lato 30 KV, con i due trasformatori, sarà di  $I_{cc} = 9,63 \times 2 = 19,26$  KA.

$$I_{cc} = 2 \times \frac{I_z \cdot 100}{V_{cc}} = 2 \times \frac{963 \cdot 100}{10} = 19,26 \text{ KA}$$

Circa la verifica della sezione della linea in cavo di collegamento tra il quadro MT di raccolta con la stazione elevatrice, si è considerata la condizione peggiore, cioè di un guasto sulla linea in corrispondenza del quadro MT della stazione elevatrice ( vicino al trasformatore AT-MT ) , ove, la corrente di corto circuito presunta è di 19,26 kA. Deve essere soddisfatta la relazione.

$$I^2 t \leq k^2 S^2$$

In pratica l'energia specifica lasciata fluire dall'interruttore MT, in caso di corto circuito, dovrà essere inferiore a quella sopportabile dal cavo.

$I$  = corrente di corto circuito presunta = posta pari 20 kA

$t$  = tempo di interruzione della corrente di corto circuito; considerando un ritardo intenzionale di intervento della funzione di protezione ANSI 50, pari a 50 msec, ed un tempo di 70 msec, affinché l'interruttore intervenga dal momento del consenso del relè, si ha che  $t = 120$  msec.

$K$  = costante dipendente dalla natura dell'isolante; nel caso in esame  $k = 143$

$S$  = sezione della linea MT,  $S = 240$  mmq.

Quindi  $I^2t \leq k^2 S^2$   
 $4,8 \times 10^7 < 1,19 \times 10^9$

La sezione scelta è congrua anche nei confronti della tenuta alle correnti di corto circuito.

#### **4.7 CONCLUSIONI**

**La linea prevista costituita da cavi unipolari tipo ARE4H1ER(X) in formazione ( 3 x 1 x 240 mmq ) è idonea per la connessione.**



## **5. STAZIONE ELEVATRICE DEL PRODUTTORE 30/150 KV.**

### **5.1 PREMESSA**

Come indicato negli elaborati di progetto, nello specifico nello SCHEMA UNIFILARE STAZIONE ELEVATRICE 30/150 kV DEL PRODUTTORE, dal quadro di media tensione a 30 kV di “raccolta” in uscita dall’impianto, è derivata una linea in cavo che conferirà, dall’ area di produzione, l’energia generata verso il quadro generale “di raccolta” di media tensione previsto nella Stazione Elevatrice del produttore. Per quanto descritto in altra parte della presente relazione, la linea interrata in cavo , ad un livello di tensione di 30 KV, prevista dai calcoli, sarà del tipo ARE4H1ER(X), di formazione e sezione ( 3x1x630 mmq ).

In un’area poco distante da quella su cui sarà realizzata la nuova stazione SE-380/150 KV di RTN, è prevista la realizzazione della stazione elevatrice del produttore da un livello di tensione di 30 KV al livello di 150 KV per consentire l’immissione dell’energia generata dall’impianto su uno stallo previsto da TERNA nella STMG di pertinenza.

L’area della stazione elevatrice è caratterizzata dai seguenti dati catastali e georeferenziati:

- Foglio N°32 del Comune di Montemilone
- Particella N°155
- Coordinate: 15.9053939  
40.9991378

### **Condominio Elettrico**

Il produttore realizzerà la stazione elevatrice 30/150 KV e potrà sottoscrivere con un altro produttore un accordo di condivisione ed utilizzo della stessa stazione, secondo condizioni poste dalla stessa TERNA.

Le condizioni iniziali sono quelle che le società produttrici abbiano ottenuto ed accettato la relativa STMG.

I produttori che intendono partecipare al condominio, ai fini della connessione, stipuleranno un contratto, che, genericamente, contemplerà i seguenti argomenti :

- Utilizzo di un’area comune per la realizzazione della stazione elevatrice, con tutte le pertinenze necessarie.
- Gli impianti saranno distinti in modo da garantire misure separate in media tensione; TERNA mediante algoritmi opportunamente approntati, allocherà le energie prodotte ed immesse in rete da ciascun produttore.
- I produttori avranno in comune i trasformatori elevatori, le infrastrutture a 150 KV, le sbarre a 150 KV ed il cavo in AT-150 KV per la connessione con la SE di TERNA.
- L’esercizio e la manutenzione saranno gestiti dal primo costruttore della stazione elevatrice, che ribalterà in percentuale, sui vari produttori del condominio, i costi sostenuti, secondo il valore di mercato.
- Il primo costruttore resterà l’interlocutore unico con TERNA, per le parti comuni ed in genere per l’intera stazione.
- Accesso alla stazione da parte di personale condiviso tra i produttori.

## 5.2 SEZIONE IN MEDIA TENSIONE A 30 kV

E' stato previsto un quadro blindato con isolamento in gas SF6, modello GHA

- Tensione nominale: 36 kV
- Tensione di esercizio: 30 kV
- Tensione nominale di tenuta ad impulsi atmosferici : 170 KV
- Tensione nominale di tenuta a frequenza industriale : 70 KV
- Corrente nominale di corto circuito di picco : 100 KA
- Corrente nominale di breve durata : 40 KA
- Corrente nominale sbarre di distribuzione 3.150 A
- Tenuta all'arco interno: AFLR – 40 kA x 1 sec.

La specifica tecnica del quadro GHA e la sua composizione è riportata in appendice al presente capitolo.

Il quadro si comporrà, sinteticamente, delle seguenti unità funzionali

- N°2 unità generali trasformatori TR.1 e TR.2, In = 2500 A, corredate di : interruttore, 3 TA, 1 TO, 3 TV fase-terra protezione, misure.
- N°7 unità di “arrivo linee da impianti di produzione”, cadauna corredata di: interruttore, 3 TA, 1 TO, protezioni, misure, protezione di interfaccia ( PI ), morsettiera piombabile a servizio del contatore per la misura dell'energia immessa in rete.
- N°1 unità di “protezione trasformatore per i servizi ausiliari”, corredata di: interruttore, 3 TA, 1 TO, protezioni, misure, morsettiera piombabile a servizio del contatore per la misura dell'energia consumata.
- N°1 unità di “ misure sbarre “, contenente n°3 TV fase-terra 30 kV:  $\sqrt{3} / \sqrt{100}$ :  $\sqrt{3} / \sqrt{100}$ : 3 V
- N°1 unità di “ misure sbarre “, contenente n°2 TV fase-fase 30 kV / 100-100 V

L' uscita delle unità funzionali “generali TR.1 e TR.2 lato 30 KV “, mediante una linea in cavo interrata, tipo ARP1H5(AR)E – 2x( 3x1x630 mmq ), si attesteranno, rispettivamente, su un sezionatore linea – terra, montato su idonei sostegni metallici, nelle immediate vicinanze del trasformatore elevatore. Il sezionatore avrà caratteristiche: Vn = 36 kV; Ve = 30 kV; In = 3.150 A; blocco elettromeccanico; blocco a chiave; sullo stesso sostegno metallico saranno installati degli scaricatori MT per esterno.

### 5.3 SEZIONI AT – 150 kV DI TRASFORMAZIONE

Le sezioni di media tensione afferiranno ad una corrispondente sezione di AT -150 kV, di trasformazione TR; ciascuna sezione AT – 150 kV di “montante trasformazione” si comporrà delle seguenti apparecchiature:

- Trasformatore di potenza, con isolamento in olio, di caratteristiche:
  - Potenza  $P = 63$  MVA (ONAN) e  $P = 80$  MVA (ONAF)
  - Tensione primaria  $V_1 = 150$  kV  $\pm 12 \times 1,25$  %
  - Tensione secondaria  $V_2 = 30,6$  kV
  - Gruppo vettoriale Ynd11
  - Tensione di cortocircuito  $V_{cc} = 10\%$
  - Commutatore sottocarico.
  - Centro stella lato AT-150 KV collegato rigidamente a terra.
- N°3 scaricatori unipolari  $V_n = 170$  kV, corredati di sostegno e di contascariche
- N°3 trasformatori di corrente 500-1.000/ 5 – 5 – 5 A, corredati di sostegno metallico
- N°1 interruttore tripolare in gas SF6;  $V_n = 170$  kV,  $I_n = 1.250$  A,  $I_{cc} = 31,5$  kA, corredato: sostegno, comando motorizzato, blocco a chiave, quadro comando.
- N°1 sezionatore tripolare di linea;  $V_n = 170$  kV,  $I_n = 1.250$  A; corredato di: blocco elettromagnetico, comando motorizzato, blocco a chiave.
- Sistema di protezione ANSI (87 – 90)
- Sistema di protezione ANSI (50 – 51 -51N – 27 – 59 – 59N); misure grandezze elettriche.

### 5.4 STALLO LINEA IN USCITA AT – 150 kV

Lo stallo di linea in uscita AT – 150 kV si comporrà, sinteticamente, di:

- N°3 trasformatori di tensione  $V_1 = 170$  kV /  $\sqrt{3}$ ;  $V_2 = 100: \sqrt{3}$  V;  $V_2 = 100: \sqrt{3}$  V;  $V_2 = 100/3$  V; sostegno metallico
- N°3 scaricatori unipolari 170 kV, corredati di sostegno e contascariche
- N°3 trasformatori di corrente; rapporto 1.250 -2.500 / 5 – 5 – 5 – 5A, corredati di sostegno metallico
- N°1 interruttore tripolare in gas SF6,  $V_n = 170$  kV,  $I_n = 2.000$  A,  $I_{cc} = 31,5$  kA; corredato di: sostegno, comando motorizzato, blocco a chiave, quadro comandi.
- N°2 sezionatori tripolari di linea – terra  $V_n = 170$  kV,  $I_n = 2.500$  A, corredati di: comando motorizzato, blocco elettromagnetico, blocco a chiave.
- Protezione di interfaccia (PI)
- Protezione generale (PG)
- Controllo parametri di Power Quality
- Contatore per la misura dell'energia scambiata.

Lo stallo di linea in uscita prevede n°3 terminali unipolari di AT – 150 kV, in cavo corredati di idoneo sostegno metallico. Dai succitati terminali, sarà derivata la linea in cavo, costituita da 3 cavi unipolari di AT – 150 kV, che dovrà raggiungere lo stallo predisposto a 150 KV della futura stazione elettrica di TERNA, SE-380/150 KV derivata in entra-esci, sulla esistente linea in AAT-380 KV di RTN, denominata “ Matera-Santa Sofia “. Il dimensionamento della linea AT di connessione con la nuova SE di RTN è descritto in un altro paragrafo della presente.

Lo stallo di linea 150 KV in uscita sarà unico per tutti i produttori cheutilizzeranno lo stesso sistema di sbarre, in ossequio alla condizione posta daTERNA nella stesura della STMG, cioè che la connessione prevede, ai fini della razionalizzazione dell'utilizzo delle strutture di rete, la necessità di condividerelo stallo nella SE-380/150 KV di Montemilone, con altri impianti di produzione. Lo stallo di linea in uscita verso la SE, per comodità di stesura della presente, è stato aggregato agli impianti desumibili dagli elaborati allegati “Schemaunifilare AT – MT” e “Planimetria Elettromeccanica”.

Completano la stazione elevatrice:

- Sbarre omnibus e di derivazione a 150 kV, realizzate in tubo di alluminio di diametro 100 mm
- Isolatori portanti con sostegni metallici
- Edificio per il contenimento di: quadro generale MT; raddrizzatore con batterie; quadri ausiliari; quadri protezione; quadro contatori; sistema SCADA; impianti speciali.

#### **NOTA**

In appendice a tale capitolo sono indicate le caratteristiche e specifiche delle singole parti costituenti la Stazione Elevatrice del Produttore.

## **5.5 ALLEGATI**

In tale parte sono indicate le caratteristiche principali delle parti componenti la stazione elevatrice.

### **5.5.1 Cabina prefabbricata a pannelli**

In un'area della stazione elevatrice è stata prevista una cabina prefabbricata in cemento del tipo "a pannelli" componibili, deputata a contenere :

- Il quadro generale di media tensione 30 KV
- Il trasformatore MT-BT per i servizi ausiliari
- Il quadro di bassa tensione per l'alimentazione dei servizi ausiliari
- Il quadro protezioni lato AT e per le apparecchiature di Power Quality
- Il quadro "contatori" per la misura dell'energia immessa in rete MT da ciascun produttore del condominio.
- Sistema di Supervisione SCADA

### **Caratteristiche costruttive delle cabine a pannelli**

La struttura prefabbricata è costruita secondo quanto prescritto dalle Norme CEI 11-1 "Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata", dalle Norme CEI 99-4 "Guida per l'esecuzione di cabine elettriche MT/BT del cliente/utente finale" e dalle Norme 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". La struttura è realizzata in modo da assicurare un grado di protezione verso l'esterno, IP 33, Norme CEI 70-1. Essa è composta da elementi componibili prefabbricati in cemento armato vibrato e prodotte in modo tale da garantire pareti interne lisce e senza nervature e una superficie interna costante lungo tutte le sezioni orizzontali. Il calcestruzzo utilizzato per la realizzazione degli elementi costituenti il box è additivato con idonei fluidificanti e impermeabilizzanti al fine di ottenere adeguata protezione contro le infiltrazioni d'acqua per capillarità.

L'armatura interna del fabbricato è totalmente collegata meccanicamente ed elettricamente in modo da creare una vera e propria gabbia di faraday che dal punto di vista elettrico protegge il manufatto da sovratensioni di origine atmosferica e, nel contempo, fungono da un efficace filtro. Le dimensioni e le armature metalliche delle pareti sono sovradimensionate rispetto a quelle occorrenti per la stabilità della struttura in opera, in quanto le sollecitazioni indotte nei vari elementi durante le diverse fasi di sollevamento e di posa in opera sono superiori a quelle che si generano durante l'esercizio. Le pareti sono realizzate in calcestruzzo vibrato tipo RCK35 con cemento ad alta resistenza adeguatamente armato, di spessore pari a 20cm ed incombustibile come previsto dalla CEI 11-1 al punto 6.5.2.1. Nel caso di locali adibiti ad usi particolari (ad esempio locale per gruppo elettrogeno) garantiscono una resistenza al fuoco R 120.

Per l'installazione delle porte vengono annegati, nel getto di calcestruzzo, degli inserti filettati in acciaio M 12x30, chiusi sul fondo, facenti filo con la superficie della parete e saldati all'armatura della parete stessa.

Il pavimento è calcolato per un carico uniformemente distribuito pari a 10KN/mq. Sul pavimento sono previste le aperture per il passaggio dei cavi posizionate secondo le indicazioni della DD.LL o del tecnico ENEL. Esso può avere spessori che variano da 10/15cm a seconda della profondità della struttura da realizzare.

La struttura con destinazione d'uso cabina elettrica prefabbricata risulta conforme alle seguenti norme:

- Legge 5 novembre 1971 n. 1086
- Legge 2 febbraio 1974 n. 64-O. P. C. M. 20 Marzo 2003 n. 3274 e s.m.i  
D. Lgs. 9 aprile 2008 n.81
- D.M. Infrastrutture e Trasporti 14 gennaio 2008 (G.U. 4 febbraio 2008 n°29 –  
Suppl. Ord.) “Norme tecniche per le costruzioni” |Norme CEI EN 60529 (CEI 70-  
1)
- Tabella di unificazione Enel DG 2061
- Tabella Enel DG 10061 (prescrizioni  
costruttive)
- Tabella Enel DG 10062 (prescrizioni di  
collaudo)
- Omologazione Enel DG 2061 ED.V  
Gennaio 2007
- Omologazione Enel DG 2061 REV.07.1 10  
Febbraio 2012
- Omologazione Enel DG 2061 8 15  
Settembre 2016
- Prescrizioni Enel DG10061 Ed.V | Enel  
DG10062  
Ed.V , | ENEL DG2092 Rev. 03 - 1 luglio  
2011
- Norma CEI 17-63 CEI EN 61330
- Norma CEI 17-103 CEI EN 62271-202
- Norma CEI 70-1
- Norma CEI 11-1
- Norma CEI 11-8 -Norma CEI 99-4
- Norma CEI 0-16 rev.04
- ISO 9001/2008

### **Caratteristiche dimensionali**

Le lunghezze delle cabine sono desumibili dagli elaborati grafici.

- L'altezza fuori terra è di 4 mt
- La profondità è di 4,4 mt
- Spessore delle pareti: 200 mm
- Spessore della copertura: 200 mm
- Spessore pavimento: 150 mm; opportunamente supportato con pilastri di sostegno.

### **Accessoriamento**

La cabina sarà corredata di:

- vasca di fondazione di altezza utile 800-1000 mm
- porte in lamiera zincata
- fori a frattura prestabilita o sistemi Roxtec, per l'ingresso delle linee in cavo MT – BT
- impianto di servizio di illuminazione ordinaria e di emergenza.
- impianto prese di servizio
- impianto di condizionamento
- estintori
- cartelli monitori e di segnalazione

### **5.5.2 Quadro elettrico generale MT-30 KV**

Il fornitore dovrà offrire un Quadro di Media Tensione Primaria classificato come da IEC 62271-200 isolato in GAS con sistema di sbarra secondo tutti gli standard normativi internazionali (IEC), europei (EN) ed alle corrispondenti norme nazionali da queste derivanti.

Il Quadro dovrà essere assemblato e testato nella fabbrica di produzione del quadro, senza nessun tipo di subappalto.

Dovrà essere composto dai seguenti apparecchi di manovra principali:

- Interruttore Automatico con isolamento dei poli in Vuoto
- Sezionatori di linea e/o di terra
- Dispositivo di sezionamento dei trasformatori di tensione

L'apparecchiatura sarà adibita per installazione da interno, in locale elettrico.

L'installazione dell'apparecchiatura dovrà essere provvista di ferri di base/cornice fissati a pavimento o su telaio autoportante, se richiesto.

È necessario assicurare e garantire per tutta la durata di vita dell'apparecchiatura che nessun utilizzo di gas SF6 in sito sarà necessario per le seguenti operazioni:

- Installazione-estensione-smontaggio
- Sostituzione di uno scomparto.

A tale scopo, il riempimento del gas e le prove di tenuta alle scariche parziali dovranno essere parte mandatoria della prova di routine in fabbrica da parte del Costruttore. Per garantire la massima sicurezza del personale, ogni tipo di manovra ed operazione, compresi i collegamenti dei cavi di potenza, dovranno essere eseguiti dal fronte del Quadro Elettrico.

I quadri dovranno dimostrare di essere stati testati in base alle norme internazionali IEC, alle norme europee EN ed alle corrispondenti norme nazionali da queste derivanti. Tali certificati dovranno essere resi disponibili alla consultazione del loro comprovante superamento da Test Report idonei.

### **Ecocompatibilità**

L'apparecchiatura deve soddisfare un alto grado di requisiti ecologici in prospettiva di protezione ambientale.

Il consumo di materiale ed energia durante produzione deve essere minimizzato in maniera ottimale. Questo si riferisce specialmente all'utilizzazione di materiale isolante ecosostenibile.

In aggiunta, deve essere garantito un basso livello di manutenzione per permettere una durata d'esercizio delle Apparecchiature di almeno 30 anni. L'utilizzo di materiali riciclabili per circa il 90% deve permettere un facile smaltimento alla fine del ciclo di vita del prodotto che deve essere provato/dimostrato da un foglio di dati.

Dopo il corso di vita del Quadro Elettrico deve essere possibile recuperare completamente il gas SF6 di ogni compartimento ove presente attraverso una serie di valvole di recupero gas. Eventuale attrezzatura speciale del costruttore è permessa per tale operazione.

Tutti gli scomparti isolati in gas con serbatoi in pressione devono essere a tenuta ermetica. Il riempimento dei compartimenti isolati in gas non dovrà essere necessario per tutto il tempo di vita dell'apparecchiatura.

Certificazioni richieste: ISO9001, ISO 14001 e EMAS II.

### **Struttura e compartimenti**

Tutti gli scomparti isolati in gas con serbatoi in pressione devono essere a tenuta ermetica. Entrambi gli scomparti sbarre dovranno essere isolati uno dall'altro.

Il Quadro Elettrico con semplice sistema di sbarra deve essere segregato nei compartimenti seguenti come minimo:

Sbarra 1 con sezionatore a tre posizioni	isolato in SF6
Cella Interruttore	isolato in SF6
Connessione cavi	isolato in aria
Cella di bassa tensione	isolato in aria
Meccanismo di comando organi di manovra	isolato in aria

Lo scomparto deve avere le seguenti caratteristiche:

- facile intuizione di manovra dal fronte
- sinottico in grado di segnalare la posizione dell'interruttore e dei sezionatori sul fronte quadro

Le sbarre orizzontali tra pannelli adiacenti dovranno essere collegate alle estremità, senza richiedere manipolazione di gas in fase di assiemaggio, installazione e sostituzione del pannello attraverso sistema a link (connessione rapida), esterno al compartimento pressurizzato del gas.



## **Tecnologia dei serbatoi gas SF6 e supervisione**

Le compartimentazioni gas saranno riempiti con SF6 e saranno garantiti come un sistema di pressione ermeticamente chiuso, sigillato, secondo IEC 62271 -1.

L'interruttore e i compartimenti sbarre saranno costituiti da serbatoi separati ed indipendenti per ogni scomparto.

Ogni pannello dovrà essere equipaggiato con un dispositivo elettronico di monitoraggio del gas che dovrà essere ben visibile dal fronte dell'unità, senza aprire porte o rimuovere protezioni. Il sistema di monitoraggio dovrà garantire due soglie di intervento (pre-allarme ed allarme) ed una segnalazione visiva attraverso LED dovrà essere prevista:

- verde (OK)
- giallo (Livello di preallarme)
- rosso (Livello di Allarme)

In caso di intervento di uno dei livelli di allarme, un messaggio dovrà essere emesso ed acquisito a distanza come allarme generale per l'intero quadro.

Ogni scomparto isolato in gas dovrà avere il proprio dispositivo di scarico della pressione.

La percentuale di perdita operativa per l'isolamento di gas non deve eccedere 0.1% per anno.

La tenuta stagna degli scomparti dovrà essere testata e verificata completamente nella fabbrica.

Per assicurare il semplice riciclaggio a fine di vita, una valvola di recupero dovrà essere predisposta.

## **Classificazione di tenuta all'arco interno**

La classificazione di tenuta all' arco interno deve essere stata eseguita ed essere certificata da prove di tipo in accordo all'ultima versione di IEC 62271 -200.

La classificazione alla durata dell'arco Interno sarà IAC AFL 25kA per 1 secondo

La distanza da rispettare dal retro del quadro al muro dell'edificio deve essere almeno 100mm (AFL) o 800mm (AFLR).

L'evidenza della certificazione alla prova dovrà essere inclusa con l'offerta.

## **Comandi e controllo**

Le operazioni di controllo e comando delle apparecchiature in sito dovranno essere eseguite attraverso dei relè di protezione intelligenti, installati nella cella di bassa tensione.

Ogni comando e controllo dell'apparecchiatura dovrà essere possibile anche manualmente dal fronte dello scomparto.

L'Operazione meccanica deve essere disponibile e praticabile anche in caso di mancanza di tensione ausiliaria.

Manovre meccaniche di facile intuizione e funzionalità dovranno essere previste per garantire all'operatore un semplice controllo della posizione dell'interruttore e dei sezionatori attraverso un sinottico posizionato sul fronte del quadro.

Le operazioni meccaniche e le indicazioni degli stati degli organi di manovra devono essere visibili e disponibili dal fronte del pannello, senza aprire porte o rimuovere coperture.

A seconda del tipo di unità funzionale il pannello operatore/sinottico deve avere le seguenti caratteristiche ed indicazioni:

- Pulsante interruttore automatico On
- Pulsante interruttore automatico Off
- Segnalazione dello stato del meccanismo carica-molle dell'interruttore
- Conta manovre Interruttore automatico
- Aperture di inserzione separate per la manovra del sezionatore, sistema sbarre e sezionatore di terra (On/Off)
- Indicatore di posizione separati per sezionatore a 3 posizioni
- Durante l'operazione di chiusura del sezionatore di terra, l'interruttore automatico dovrà essere chiuso automaticamente in modo da cortocircuitare e mettere a terra il circuito in sicurezza
- Segnalazione meccanica della posizione di interruttore
- Controllo remoto in caso di comando elettrico per: interruttore, sezionatori di sbarra e di terra
- Interblocco tra pannello di copertura dello scomparto di collegamento e sezionatore di terra in partenza

### **Interblocchi meccanici**

I seguenti interblocchi meccanici interni del pannello dovranno essere previsti:

- In caso di interruttore automatico chiuso, i sezionatori di sbarra e di terra devono essere bloccati.
- Interblocco tra sezionatore di sbarra e sezionatore di linea
- La manovella per i sezionatori ed i sezionatori di messa a terra può essere rimossa solo nella corretta posizione finale (On/Off)
- Attraverso un circuito di intersgancio meccanico dell'interruttore automatico in vuoto, accoppiato alla funzione "Messa a Terra ON-OFF" del sezionatore a tre posizioni, il circuito di derivazione deve essere cortocircuitato e messo a terra in sicurezza automaticamente
- Solamente 1 dispositivo di manovra potrà essere azionato di volta in volta
- prevedere interblocco tra i due sezionatori di sbarra

L'operazione manuale deve essere sempre disponibile in caso di assenza di tensione ausiliaria.

Per proteggere gli operatori sul posto dalle attivazioni remote, la tensione di controllo deve essere disconnessa automaticamente quando gli elementi di manovra dell'apparecchiatura sono comandati manualmente.

### **Interblocchi elettromagnetici**

Per gli interblocchi all'interno dello stesso pannello o tra pannelli diversi, è possibile utilizzare bobine di blocco elettromagnetiche oppure prevedere serrature a cilindro o lucchetti.

### **Compartimento connessione cavi**

Il vano di collegamento dei cavi deve permettere la connessione singola di uno o più cavi unipolari/tripolari come indicato nell'unifilare di impianto.

Tutti gli scomparti devono permettere un tipo di connessione a cono esterno o collegamento a cono interno (il cono esterno è preferito) a seconda delle normative vigenti.

Per il cono esterno le boccole di collegamento devono essere accessibili dal fronte. Lo spazio garantito per il collegamento deve essere almeno di 680mm dal fondo del pannello.

Per il sistema di collegamento a cono interno, a seconda dei cavi selezionati e della loro sezione, le boccole devono essere accessibili dal fronte. Lo spazio garantito per il collegamento dei cavi deve essere almeno 425mm dal fondo del pannello.

Verifica del cavo:

Per permettere una verifica di misura, controllo ed isolamento dei cavi in sito, deve essere predisposta una facile connessione per le apparecchiature di prova:

- a) senza interferire al compartimento di gas
- b) senza disconnettere i cavi.

Per facilitare i test sui cavi da esaminare, è necessario, che il trasformatore di tensione sia facilmente disconnettibile e che nessuna operazione di smontaggio da parte di un operatore sia necessaria.

Dovrà essere previsto, se richiesto, un sistema di monitoraggio della temperatura sulle connessioni dei cavi MT; tali sensori, uno per fase, dovranno essere di tipo autoalimentati (no batteria) e collegati ad un concentratore di dati/analizzatore con sistema wireless a scopo di manutenzione predittiva.

### **Cella di bassa tensione**

Ogni unità funzionale dovrà avere un compartimento di bassa tensione separato, con interfaccia meccanica ed elettrica dove allocare le apparecchiature elettriche per controllo, protezione, segnalazione e misura.

L'apparecchiatura potrà essere montata a portella, ad una altezza di facile accesso e visualizzazione da parte dell'utilizzatore/operatore situato di fronte al Quadro Elettrico compresa tra i 1660mm e 2000mm misurati dalla base del pannello.

Il compartimento di bassa tensione dovrà essere isolato dalla sezione di potenza ed avere un'altezza minima di 800 mm ed una profondità di almeno 350 mm che dovranno garantire una facile installazione e identificazione delle apparecchiature montate al suo interno.

Per facilitare il trasporto o l'intercambiabilità, se richiesto, la cella di bassa tensione dovrà avere la possibilità di essere facilmente rimovibile e rimontabile con una predisposizione di tutti i contatti a morsettiera. Questo dovrà essere documentato nei rispettivi manuali.

### **Protezione alla corrosione e verniciatura**

Il rivestimento di vernice dovrà essere di colore RAL 9003.

### **Trasformatori**

Il materiale isolante utilizzato nella costruzione di trasformatori di corrente e di tensione per la misura e protezione dei circuiti deve essere ridotto al minimo.

Tutti i trasformatori di devono essere installati al di fuori dei compartimenti isolati in Gas SF6 in modo da facilitarne l'accesso e la sostituzione. La sostituzione del trasformatore deve essere possibile senza alcuna gestione del gas da parte dell'operatore.

I trasformatori di corrente dovranno essere del tipo a nucleo toroidale e montati su boccole unipolari messe a terra all'esterno della zona di uscita dei cavi.

I trasformatori dovranno essere di tipo convenzionale. Sensori di Corrente e Tensione o Trasformatori a bassa potenza non sono accettati.

### **Trasformatori di corrente Toroidali (TA)**

I pannelli dovranno essere dotati di trasformatori toroidali per la misurazione della corrente, accessibili nel compartimento di collegamento cavi - fuori del serbatoio sigillato in gas SF6. Dovranno essere installati su boccole di adattamento. Deve essere possibile riaggiustare facilmente o sostituire il trasformatore, senza alcun intervento nel compartimento di Gas mantenendo l'operatore il più distante possibile dal serbatoio.

Il trasformatore dovrà essere posizionato tra l'interruttore e la connessione dei cavi e messo a terra attraverso sbarra o cavo.

Il dimensionamento le prestazioni elettriche degli avvolgimenti dei TA dovranno essere in accordo ai rapporti di misura e protezione richiesti dalle apparecchiature connesse (strumenti di misura e relè di protezione)

### **Trasformatori di tensione (TV)**

I trasformatori di tensione unipolari in involucro di metallo dovranno essere installati sul quadro attraverso un sistema di collegamento a cono interno. La sostituzione deve essere possibile sempre attraverso dispositivi di sezionamento e rispettive segnalazioni di stato : Inserito/ON oppure Disconnesso/OFF sul fronte quadro. Tale sezionamento sarà necessario per garantire le prove di tensione sul quadro o sui cavi a salvaguardia della corretta installazione e tempistica in caso di eventuali prove aggiuntive o sostituzioni senza effettuare fuori servizio.

Tutti i trasformatori di tensione dovranno essere installati in fabbrica prima della spedizione dei pannelli. L'installazione dei trasformatori di Tensione in Sito non è accettata.

### **Norme, istruzioni, regole e normative**

L'apparecchiatura di media tensione dovrà essere conforme a tutte le attuali normative in vigore: IEC 62271-1 / EN 62271-1

Quadro di distribuzione:

IEC 62271-200 / EN 62271-200

Classificazione di tenuta all'arco interno IAC:

IEC 62271-200 / EN 62271-200

Interruttore Automatico:

IEC 62271-100 / EN 62271.-100

Sezionatore a 2-3 posizioni:

IEC 62271-102 / EN 62271-102

Trasformatori corrente: IEC

60044-1 / EN 60044-1

Trasformatori di tensione induttivi:

IEC 60044-2 / EN 60044-2

Sistema di prova di tensione:

IEC 61243-5 / VDE 0681

Protezione da contatto accidentale, corpi estranei ed acqua:

IEC 60529 / EN 60229

Costruzione:

HD 637 S1

Manovra dei dispositivi elettrici:  
EN 50110-1  
Innesti per collegamento cavi:  
IEC 50181 / EN 50181

### **Interruttore Automatico in Vuoto**

L'Interruttore automatico tripolare con le ampole in vuoto, sarà installato orizzontalmente all'interno dello scomparto isolato in gas.

L'interruttore automatico in Vuoto dovrà garantire un'efficienza di almeno 10,000 operazioni a corrente nominale ed un minimo di 100 operazioni a corrente di corto circuito.

Si considera che:

- il meccanismo di comando dovrà essere accessibile e montato al di fuori dal compartimento gas;
- il meccanismo dovrà essere a comando sia manuale che elettrico e dovrà avere la possibilità di richiudersi automaticamente per garantire una messa a terra sicura dei cavi ed impedire la dimenticanza della manovra da parte dell'operatore;
- la morsettiera di comando e segnalazione dei contatti di stato dovrà essere plug-in.

### **Sezionatore a tre-posizioni**

Stato del sezionatore a tre posizioni:

**On:** I collegamenti tra sistema sbarre ed interruttore sono chiusi.

**Off:** I collegamenti tra sistema sbarre ed interruttore sono aperti.

**Messo a terra:** Il sezionatore è cortocircuitato a terra e l'interruttore automatico in Vuoto si chiude automaticamente attraverso un circuito di intersgancio meccanico grazie al potere di chiusura dell'interruttore automatico.

Si considera che:

- il comando dovrà essere accessibile fuori dal compartimento gas;
- il meccanismo dovrà essere a comando manuale oppure elettrico, se richiesto
- la morsettiera di comando e segnalazione dei contatti di stato dovrà essere plug-in.

### **Cavi**

I cavi ausiliari dovranno essere del tipo Halogen free, flessibili, neri o giallo-verde con i seguenti diametri:

- |                                   |                     |
|-----------------------------------|---------------------|
| - Circuito di Controllo e Comando | 1.0 mm <sup>2</sup> |
| - Trasformatore di Tensione       | 2.5 mm <sup>2</sup> |
| - Trasformatore di corrente       | 2.5 mm <sup>2</sup> |
| - filo di Anello                  | 2.5 mm <sup>2</sup> |

Le morsettiere dovranno essere del tipo Phoenix o similare.

## **Relè di Protezione**

I relè di protezione digitali dovranno essere basati sulla tecnologia a microprocessore che dovrà alloggiare in un'architettura hardware e software; essa dovrà consistere in una piattaforma multifunzione di protezione e controllo con ingressi/uscite logici ed analogici comprendente Protezioni, Misure, Controllo, Interfaccia Uomo Macchina con display alfanumerico, Interfacce di Comunicazione, Rete, Macchine e Apparecchiature ed, infine, una funzionalità di controllo del relé stesso.

I relè di protezione digitali dovranno fare parte di un progetto di sicurezza ed affidabilità del processo di fabbricazione del produttore che sarà associato ai seguenti quattro parametri: responsabilità (calcolo di MTTF), disponibilità (per prevenire ogni malfunzionamento inatteso per garantire la continuità di servizio), manutenibilità (per definire il Tempo di Riparazione ed i ricambi per il processo di assistenza al cliente), sicurezza (in accordo a IEC 61508 che definisce il Safety Integrity Level, il Probability of Failure on Demand ed il Safe Failure Fraction) misurando la percentuale di insuccessi visti dalla diagnostica (Watchdog).

I relè di protezione digitali dovranno avere, quindi, un sistema interno di monitoraggio (Watchdog) che controllerà il relé di tensione ausiliaria, le acquisizioni dei segnali di corrente e tensione, l'unità di processo (memorie, processori), il software e l'hardware, gli ingressi/uscite logici.

- In caso di problemi "gravi" interni che renderanno il relé digitale inoperativo, verrà emessa una segnalazione su un'uscita logica dedicata e tutte le altre uscite e gli ingressi logici verranno riportati nella posizione di riposo (watchdog a sicurezza positiva).

- In caso di problemi "minori" interni che non renderanno il relé digitale inoperativo non verrà emessa nessuna segnalazione di watchdog e saranno garantite le prestazioni di protezione e di funzionamento.

## **Programmazione e configurazione**

I relè di protezione digitali dovranno essere programmati e configurati con un appropriato software che lavori su base MS Windows con PC standard; il software dovrà essere semplice nel suo utilizzo.

La programmazione e la configurazione dei relé digitali potrà essere fatta in modo locale attraverso una porta RS232 o in modo remoto attraverso una rete di comunicazione principalmente una Engineering LAN (E-LAN) con un'adeguata password per prevenire ogni inaspettata manipolazione.

La programmazione e la configurazione dovrà essere prevista per essere preparata direttamente con il software attraverso un file del PC (modo disconnesso) e trasmessa/caricata ai relé digitali in modo locale od in modo remoto.

## **Architettura hardware e software**

L'architettura Hardware e Software dovrà essere modulare e disconnettibile per adattare i relé di protezioni digitali alle più complesse richieste nelle applicazioni di Media Tensione.

L'architettura dovrà permettere le estensioni con semplici e facili aggiornamenti hardware e firmware dei relé di protezione digitali e dovrà essere permessa dal costruttore la compatibilità in avanti fra i dispositivi di differente generazione.

I relé di protezione digitali dovranno alloggiare ingressi/uscite digitali isolati; gli ingressi dovranno essere poter utilizzati per monitorare gli stati dell'unità funzionale completa di MT e segnali provenienti dall'esterno (Interscatti, Buchholz...), mentre le uscite dovranno essere usate per il controllo e comando dell'interruttore o contattore, interscatti fra unità funzionali ed allarmi remoti.

### **Controllo e monitoraggio**

I relé di protezione digitali dovranno eseguire, per le funzioni di controllo e monitoraggio definite dalla codifica ANSI, il controllo delle operazioni elettriche degli interruttori o contattori; queste operazioni dovranno essere processate internamente ed esternamente da funzioni logiche predefinite utilizzando ingressi/uscite digitali.

In particolare:

Controllo interruttore/contattore (codice ANSI 94/69)

- On/Off di qualsiasi controllo delle tipologie di bobine di apertura (a lancio o minima tensione)
- Inibizione alla chiusura
- Chiusura e controllo da remoto

Ritenuta (codice ANSI 86)

- Ritenuta individuale di tutte le uscite e degli ingressi logici
- Utilizzo come relé di blocco

Allarmi locali (codice ANSI 30)

- Indicazione tramite LED
- Indicazioni tramite display (eventi, messaggi, allarmi)
- Processazione degli allarmi

Selettività Logica (codice ANSI 68)

- Fornire ogni logica di apertura e un'apertura veloce dell'interruttore chiuso di una rete in uno schema a cascata
- Emettere e Ricevere segnali di ordine logici tra i relé di protezione digitali di una rete in uno schema a cascata

Cambio banco di regolazioni (da rete in modo normale a back-up) tramite ingresso logico e sistema di supervisione seriale

Prova dei relé di uscita per il controllo delle connessioni di uscita con apparecchiatura operativa (il contatto di uscita sarà mantenuto per 5 secondi)

Le funzioni di controllo e monitoraggio, dovranno poter essere eseguite e personalizzate tramite Equazioni Logiche

I relé di protezione digitali dovranno includere accurate funzioni di misura ed i dati dovranno essere accessibili sull'interfaccia uomo macchina per scegliere le differenti operazioni e resi disponibili durante le fasi di messa in servizio o manutenzione

Per il controllo e la supervisione dell'apparecchiatura di manovra, potranno essere di tipo modulare ed idonei al tipo di applicazione richiesta.  
I dispositivi dovranno essere installati nella portella della cella di bassa tensione.

### **FUNZIONI**

- controllo e supervisione del quadro elettrico e dell'interruttore
- registrazione di messaggi supplementari  
(allarme e notifica anomalie)
- l'acquisizione di valore che misura con trasformatore collegamento diretto
- registrazione in memoria di almeno 128 eventi, classificati nel tempo
  
- controllo di sincronico automatico, se richiesto
- possibilità di integrazione logiche di funzionamento/interblocco

### **INTERFACCE**

- Pannello di operatore locale,
- la comunicazione connette via IEC 60870-5-103, IEC 60870-5-101
- (trasmissione simmetrico / asimmetrico) MODBUS e DNP3.0
- IRIG-B calcola sincronizzazione



## Caratteristiche tecniche

### Quadro di Media Tensione

Tensione nominale	36 kV
Tensione di esercizio	30 kV
Frequenza	50 Hz
Corrente nominale di breve durata (3 sec)	25 kA
Durata della Corrente Nominale	1 sec.
Corrente nominale di picco	63 kA
Corrente nominale di sbarra	3150 A
Tipo di isolamento quadro	SF6
Pressione di SF6-funzionamento a 20°C	0,03 MPa
Tensioni ausiliare per:	
Controllo	230 V ac
Segnalazione	230 V ac
Comando	230 V ac
Grado di protezione:	
Parti di Media Tensione	IP65
Dispositivi di comando	IP3X
Cella di bassa tensione	IP3X
Collegamento di cavo di protezione	IP3X
Qualifica Arco interno	IAC AFL 40 kA, 1s
Altezza Min. Locale per installazione	2.8 m
Condizioni di servizio	
altezza di installazione	1000 m s.l.m.
temperatura circostante	massimo. + 40°C; media 24h +35°C/ -5°C
Dimensioni	
Larghezza Pannelli (Arrivo, Uscite)	max 600 - 900mm
Altezza	max 2400 mm o 2800 mm
Profondità	max 2200 mm

### Interruttore Tripolare Automatico in Vuoto

In accordo a: IEC 62271-100 / EN 62271-100

con 1 Bobina di chiusura - ON

con 1 Bobina di apertura - OFF

con interruttore ausiliario per alimentazione

con comando motorizzato automatico/manuale

con contamanovre meccanico

con possibilità di chiusura automatica per la messa a terra

Corrente nominale di breve durata	25 kA/1sec
Corrente nominale di picco (dinamica)	63 kA

## **Sezionatore a tre-posizioni**

In accordo a: IEC 62271-102 / EN 62271-102

Posizione: ON/OFF

con comando motorizzato automatico/manuale per sezionamento

con comando motorizzato automatico/manuale per messa a terra

con interruttore ausiliario per alimentazione

con interruttore ausiliario per alimentazione messa a terra

## **Attrezzi speciali del Quadro Elettrico**

Dovranno essere previsti i seguenti attrezzi:

Supporti per leve di manovra

Leve di manovra Interruttore

Leve di manovra sezionatore a 2 – 3 posizioni

Eventuali attrezzi speciali specifici per la fornitura in oggetto dovranno essere previsti e forniti nello scopo di fornitura del quadro elettrico senza nessun sovrapprezzo.

## **Documentazione**

La documentazione a corredo della fornitura deve includere come un minimo i componenti seguenti:

- disegno di installazione che includono informazioni sulle fondazioni e le opere civili
- schema unifilare
- schema funzionale con elenco contatti disponibili a morsettiera, interconnessioni ed elenco apparecchiature di bassa tensione

La documentazione As-Built deve essere fornita dopo la messa in servizio dell'impianto e sottomessa ad approvazione.

Altri documenti facenti parte integrante della fornitura:

- manuale di istruzione
- manuale di installazione
- Elenco prove di Tipo
- Certificati di collaudo in fabbrica
- Certificati di conformità degli strumenti di misura

I dettagli esatti della preparazione della documentazione dovranno essere approvati nel dettaglio con [l'acquirente] dopo la disposizione dell'ordine.

Nella Fig.6.1 è riportata un'immagine della tipologia di quadro.

## **Collaudi in fabbrica**

Un test elettrico presenziato deve essere incluso nell'offerta. La prova deve essere una ripetizione delle prove di routine su unità tipiche di pannello.

La scelta delle unità tipiche su cui ripetere la prova verrà definita 3 settimane prima della data di ispezione.

La data di ispezione sarà definita almeno 6 settimane prima.



**Fig.6.1**

### 5.5.3 Trasformatore MT-BT per Servizi Ausiliari.

**N.B. Tale trasformatore deputato all'alimentazione dei servizi ausiliari, sarà unico per l'intero condominio.**

E' previsto un trasformatore MT-BT per l'alimentazione dei servizi ausiliari, di caratteristiche:

- Potenza nominale  $P=250$  KVA
- Isolamento in resina epossidica
- Conformità alla UE-538
- A basse perdite
- Tensione primaria  $V_1=30$  KV +/- 2x5%
- Tensione secondaria.  $V_2=230-400$  V trifase + n
- Gruppo vettoriale. Dyn11
- Tensione di corto circuito.  $V_{cc}=6\%$
- Corredato di 7 termosonde al Pt100 ohm
- Corredato di centralina di controllo della temperatura tipo NT935, con uscita seriale RS485, Modbus
- Corredato di sistema di ventilazione forzata, con ventilatori assiali lato MT e lato BT; modello VRT200
- Corredato, inoltre, di : morsetto di terra; commutatore a vuoto; golfari di sollevamento; targa dati.

### 5.5.4 Quadro di BT per Servizi Ausiliari.

**N.B. Tale quadro sarà unico per l'intero condominio.**

È previsto un quadro di bassa tensione per l'alimentazione dei servizi ausiliari di stazione elevatrice, predisposto con due sezioni: normale e sotto continuità assoluta. Le utenze da alimentare sono:

- Impianto di illuminazione interna ordinaria e di emergenza.
- Impianto di illuminazione esterna
- Impianto prese di servizio
- Quadri comando interruttori, sezionatori in AT
- Circuiti ausiliari del QMT-30 KV
- Quadro protezioni
- Quadro contatori
- Ingresso-Uscita UPS
- Sistema SCADA

### 5.5.5 Gruppo statico di continuità

**N.B. Tale UPS sarà unico per l'intero condominio.**

Per i servizi ausiliari vitali è stato previsto un gruppo statico di continuità, di caratteristiche:

- Potenza P=10 KVA
- Tipo on-line
- Tensione di ingresso 230-400 V - 3F+N+PE
- Tensione di uscita 230-400 V – 3F+N+PE
- Autonomia 1 ora a pieno carico
- By-pass manuale ed automatico

### 5.5.6 Quadro protezioni

**N.B. Tale quadro protezioni sarà unico per l'intero condominio.**

È previsto un quadro rack 19" deputato a contenere i relè di protezione multifunzione della parte in AT, quali:

- Protezione Generale PG, secondo norma CEI 0-16
- Protezione differenziale del/dei trasformatori AT-MT ( ANSI 87 )
- Regolatore/i automatici di tensione ( ANSI 90 )
- Strumento di Power Quality, ION 9000T
- Sistemi di comunicazione dati.

### 5.5.7 Quadro contatori

E' previsto un quadro di centralizzazione dei contatori, quali :

- Contatore per la misura dell'energia scambiata ( in entrata ed in uscita ); modello ZMD-405 di produzione Landis&Gyr o equivalente omologato. Corredato di morsettiera amperometrica-voltmetrica, di tipo piombabile Agenzia delle Dogane, modem interno GSM corredato di SIM Dati e di antenna.
- Contatore per la misura dell'energia assorbita ( in entrata ) dal trasformatore dei Servizi Ausiliari; modello ZMD-405 di produzione Landis&Gyr o equivalente omologato. Corredato di morsettiera amperometrica-voltmetrica, di tipo piombabile Agenzia delle Dogane, modem interno GSM corredato di SIM Dati e di antenna.
- Contatori per la misura dell'energia immessa ( in uscita ) dai singoli produttori; modello ZMD-405 di produzione Landis&Gyr o equivalente omologato. Corredati di morsettiera amperometrica-voltmetrica, di tipo piombabile Agenzia delle Dogane, modem interno GSM corredato di SIM Dati e di antenna.
- Il cablaggio dalle apparecchiature di campo fino ai contatori sarà del tipo "antifrode", in ossequio alle raccomandazioni della Norma CEI 0-16.

### **5.5.8 Sistema SCADA**

E' previsto un Sistema SCADA per la supervisione del quadro MT, delle apparecchiature AT, delle protezioni, delle apparecchiature di Power Quality, delle informazioni da scambiare con TERNA.

### **5.5.9 Impianti Speciali**

**N.B. Tali impianti saranno unici per l'intero condominio.**

La stazione elevatrice sarà corredata di impianti speciali, quali:

- Impianto di illuminazione esterna del piazzale mediante torre faro.
- Impianto antintrusione
- Impianto di controllo mediante TVCC
- Impianto antiodori
- Impianto di rivelazione fumi

### **5.5.10 Cavi MT-BT-Dati-Segnalazione**

A corredo degli impianti di potenza, saranno installati entro cunicoli, passerelle e tubazioni predisposte, tutti i cavi necessari per il corretto funzionamento della stazione:

- Cavi MT ( 3x1x50 mmq ) per l'alimentazione del trasformatore ausiliario
- Cavi di bassa tensione di potenza
- Cavi per termoresistenze Pt100 ohm
- Cavi dati per seriali RS485 Modbus
- Cavi dati per relè
- Cavi per segnalazione ed acquisizione allarmi.

### **5.5.11 Impianto di terra ed equipotenziale**

**N.B. Tale impianto sarà unico per l'intero condominio.**

L'intera stazione elevatrice sarà corredata di un impianto di terra unico, per il sistema in MT e per il sistema in AT.

L'impianto di terra sarà costituito da una maglia costituita da maglie elementari di lato 5 metri, costituita da corda di rame nudo di sezione  $S=95$  mmq e da morsetti a compressione in rame tipo crimpit; l'impianto dispersore sarà integrato con dispersori di profondità di idonea lunghezza, protetti nella parte superiore da tubazioni in PVC, per l'abbattimento dei gradienti di tensione ai margini dell'area.

Da tale impianto saranno derivati tutti i collegamenti per le apparecchiature esterne :

- Centro stella del trasformatore AT-MT, lato 150 KV
- Strutture metalliche di sostegno delle apparecchiature in AT ( sezionatori; interruttori; scaricatori; TA; TV; terminali AT per esterno; quadri comandi apparecchiature esterne )

Dallo stesso impianto saranno derivati i collegamenti per la realizzazione dell'impianto di terra interni, per realizzare tutti i collegamenti equipotenziali necessari ( quadro MT; quadri BT; quadri protezione e contatori, ecc )

**6. DIMENSIONAMENTO DELLA LINEA INTERRATA IN CAVO AT-150 KV  
LA STAZIONE ELEVATRICE DEL PRODUTTORE 30/150 KV E LA  
NUOVA SE-380/150 KV DI "MONTEMILONE" DI RTN  
N.B. LA LINEA AT-150 KV E' COMUNE A TUTTI I PRODUTTORI CHE  
CONDIVIDERANNO LO STALLO PREDISPOSTO DA TERNA PER LA  
CONNESSIONE ALLA RETE DI RTN.**

### **6.1 DESCRIZIONE DELLE OPERE**

L'opera oggetto della seguente relazione di calcolo consiste nella realizzazione di una linea in cavo, interrata, esercita ad un livello di tensione di 150 kV, deputata alla immissione, nella rete a 150 kV di RTN, dell'energia generata dall'impianto di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica che sarà realizzato in agro del Comune di Montemilone.

Il percorso della linea in cavo impianto viene collegato in antenna a 150 kV sulla futura Stazione Elettrica di Trasformazione (SE) della RTN 380/150 kV da inserire in entrata sulla linea 380 kV "Melfi 380 – Genzano 380".

Negli elaborati progettuali allegati si evince il percorso della succitata linea.  
Le caratteristiche della linea prevista sono :

Lunghezza :  $L = 535$  mt

Percorso su terreni agricoli : lunghezza  $L = 230$  mt ; particelle : 35-253

Percorso su strada provinciale S.P. 47 Montemilone-Venosa; lunghezza  $L = 305$  mt

## **6.2 DISTANZE DI SICUREZZA RISPETTO ALLE ATTIVITA' SOGGETTE A CONTROLLO DI PREVENZIONE INCENDI**

Per l'intervento in oggetto si è prestata particolare attenzione a verificare il rispetto delle distanze di sicurezza tra l'elettrodotto e le attività soggette al controllo dei Vigili del fuoco e a rischio di incidente rilevante di cui al D.Lgs 334/99.

Circa le distanze di sicurezza, si intendono quelle previste dalla Norma CEI 11-17.

Da un primo studio, non risultano situazioni ostative alla sicurezza di attività soggette al controllo dei VVFF; comunque nella fase della progettazione esecutiva e, comunque, prima dell'eventuale realizzazione, si provvederà a svolgere un'ulteriore indagine al fine di accertare eventuali variazioni dello stato dei luoghi.

## **6.3 DIMENSIONAMENTO ELETTRICO DELLA LINEA AT – 150 KV**

Il criterio progettuale della linea è indicato nella Fig.7.1, valido, generalmente, per la progettazione esecutiva, ma adattato per la progettazione definitiva della linea in oggetto.

## **6.4 DATI PROGETTUALI INIZIALI**

La potenza elettrica in immissione a 150 kV, comunicata nella STMG è di  $P = 11,20$  MVA ( lato corrente alternata ).

Nella cabina di trasformazione elevatrice del produttore, come si evince dagli elaborati progettuali, sono stati previsti N°2 trasformatori MT – AT – 30/150 kV, di potenza unitaria  $P = 63$  ( 80 ) MVA ( ONAN – ONAF ); le potenze sono coerenti per quanto richiesto da TERNA nell'Allegato A.68.

Poiché sulle sbarre a 150 KV si potranno collegare più produttori, fino alla concorrenza della potenza massima che uno stallo di TERNA può far transitare, che è, al massimo pari a 220 MW

Si è considerata, quindi, ai fini del dimensionamento una potenza complessiva  $P = 220$  MVA.

I dati progettuali di partenza sono:

- Potenza  $P = 220$  MVA
- Tensione di alimentazione  $V_e = 150$  kV
- Corrente di impiego  $I_b = 848$  A
- Linea di trasporto In cavo
- Tipo di posa Interrata
- Profondità di posa  $h_p = 1,6$  mt
- Lunghezza della linea in AT.  $L=535$  mt



## DIAGRAMMA DI FLUSSO DELLA PROGETTAZIONE

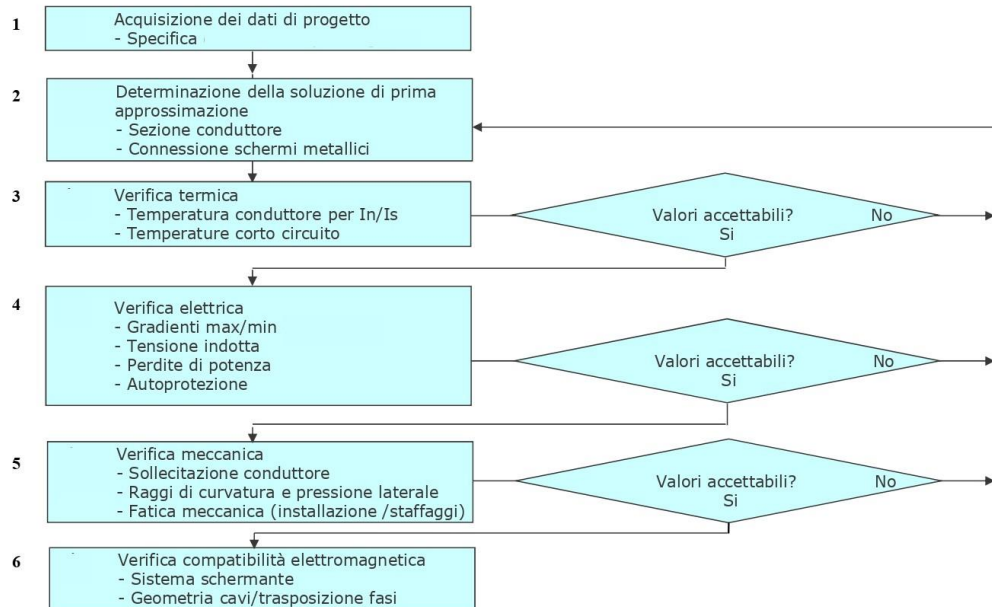


Fig. 7.1

### 6.5 CRITERI DI PROGETTAZIONE

Per quanto indicato nel diagramma di flusso della progettazione, i criteri progettuali, in tale fase di progettazione definitiva, sono stati i seguenti.

#### 6.5.1 Scelta della Sezione del conduttore con il Criterio della Portata.

Alla base del criterio è stata considerata una linea AT, costituita da N°3 cavi unipolari, di caratteristiche:

- Tensione  $U_0 = 86,7$  kV  
 $U_0$  = tensione nominale di riferimento per l'isolamento a frequenza  $f = 50$  Hz, in kV efficaci, tra un conduttore isolato qualsiasi e la terra.
- Tensione  $U = 150$  kV  
 $U$  = tensione nominale di riferimento per l'isolamento a frequenza  $f = 50$  Hz, in kV efficaci, tra due conduttori isolati qualsiasi della linea.
- Tensione  $U_{max} = 170$  kV  
 $U_{max}$  = tensione nominale massima di riferimento per l'isolamento a frequenza  $f = 50$  Hz, in kV efficaci, tra due conduttori isolati qualsiasi della linea.

È stata considerata una linea in cavo, della serie omologata da TERNA – eDISTRIBUZIONE, costituita da tre cavi unipolari, in posa interrata piana, di produzione BRUGG, PRYSMIAN o similari equipollenti, di caratteristiche:

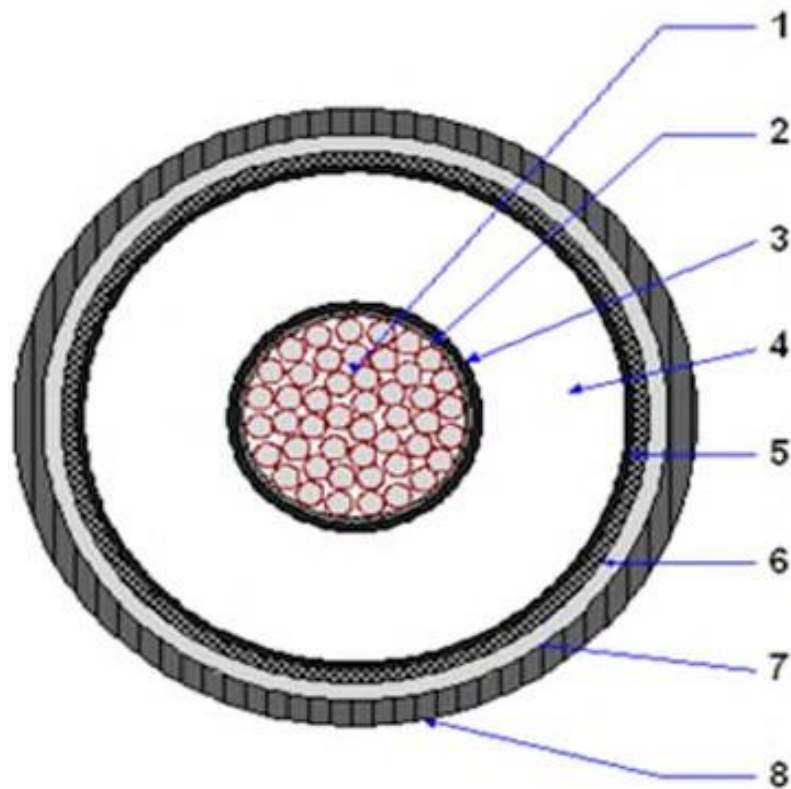
- Tensione nominale 150 kV
- Frequenza 50 Hz
- Sezione 1.600 mmq
- Conduttore In corda di alluminio
- Isolante XLPE

Nella Fig. 7.2 e nella Fig. 7.3 si evincono i singoli componenti:

1. Conduttore in alluminio
2. Binder
3. Schermo semiconduttivo interno
4. Isolante in XLPE
5. Schermo di isolamento
6. Barriera per evitare l'accidentale propagazione longitudinale dell'acqua
7. Guaina metallica
8. Guaina protettiva esterna



**Fig.7.2**



**Fig.7.3**

Le caratteristiche elettriche del cavo sono:

- Portata teorica  **$I_0 = 1.555 \text{ A}$**  calcolata con le seguenti condizioni:
  - Massima temperatura del conduttore 90° C
  - Frequenza 50 Hz
  - Profondità di posa 1.200 mm
  - Cavi allineati con distanza di circa 30 cm
  - Metodi di messa a terra degli schemi single point / bonding /  
cross – bonding
  - Resistenza elettrica in AC, R 24,2 mohm / km
  - Reattanza induttiva X 185 mohm / km
  - Capacità C 0,248 micro F / km

Le caratteristiche fisiche del cavo sono:

- Peso  $P = 15 \text{ Kg / mt}$
- Raggio di curvatura minimo  $R_{cm} = 2.300 \text{ mm}$
- Massimo sforzo di trazione  $St = 48 \text{ kN}$
- Diametro esterno  $De = 111 \text{ mm}$

### Calcolo della portata di corrente reale

**E' stata utilizzata, come linea guida, la stessa procedura utilizzata per il dimensionamento della linea di connessione in MT-30 KV.**

La portata reale  $I_z$  calcolata della linea è  $I_z = I_o \cdot k$ , con:

- $I_o$  = portata teorica del cavo
- $k$  = coefficiente di correzione totale, prodotto di più coefficienti  
 $k = k_{tt} \cdot k_p \cdot k_r$ , ove:
  - $k_{tt}$ : coefficiente di correzione per la temperatura del terreno diversa da  $20^\circ \text{ C}$ ; si è prevista una temperatura di  $20^\circ \text{ C}$ , per cui  $k_{tt} = 1$
  - $k_p$ : coefficiente di correzione per valori di posa diversi da  $1,2 \text{ mt}$ ; è stata prevista una profondità di posa di  $1,6 \text{ mt}$ ; da abachi dedicati si ricava  $k_p = 0,93$
  - $k_r$ : coefficiente di correzione per valori di resistività termica media radiale del terreno diversa da  $1,5 \cdot k \cdot m / W$ ; è stata considerata una resistività termica di  $2^\circ \text{ C} \cdot m / W$  come da prove per cui  $k_r = 0,90$

Quindi  $k = k_{tt} \cdot k_p \cdot k_r = 1 \cdot 0,93 \cdot 0,90 = 0,837$

La portata reale  $I_z$  è, quindi,  $I_o \cdot k = 1.555 \cdot 0,93 = 1.301 \text{ A}$ .

Poiché la portata reale del cavo  $I_z$  è superiore alla corrente massima di impiego  $I_b$ , la sezione  $S = 1.600 \text{ mm}^2$  è idonea.

$I_z = 1.301 \text{ A}$

$I_b = 848 \text{ A}$

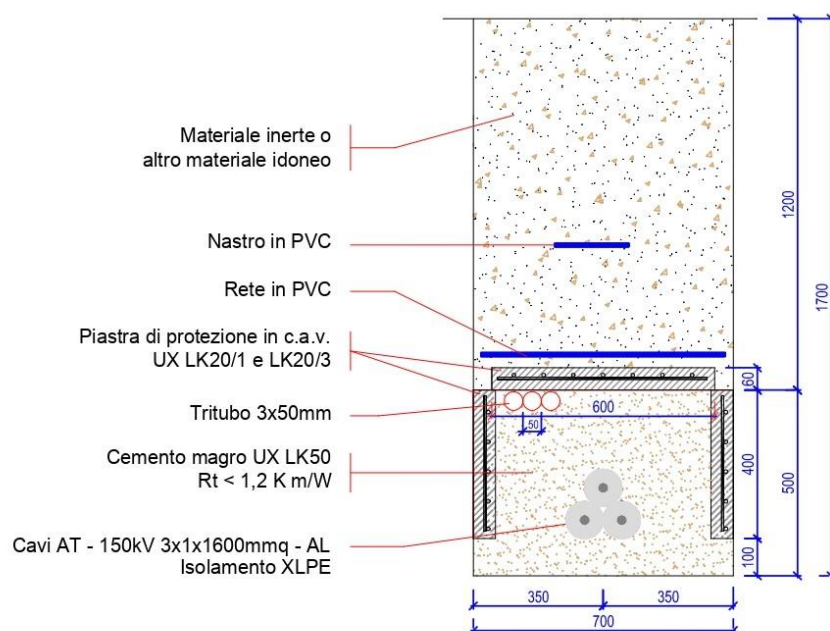
**$I_z > I_b$       $S = 1.600 \text{ mm}^2$  idonea.**

Nelle Fig. 7.4 sono rappresentate le sezioni di posa del cavo di AT, su terreni di tipo agricolo e su strada.

Nella Fig. 7.5 è rappresentata buca tipica necessaria per la realizzazione dei giunti unipolari sui cavi AT, qualora se ne rendesse la necessità.

La lunghezza della connessione, alquanto limitata, non dovrebbe richiedere alcun giunto.

## ESEMPIO DI POSA CAVI A TRIFOGLIO IN TERRENO AGRICOLO



## ESEMPIO DI POSA CAVI A TRIFOGLIO SU SEDE STRADALE

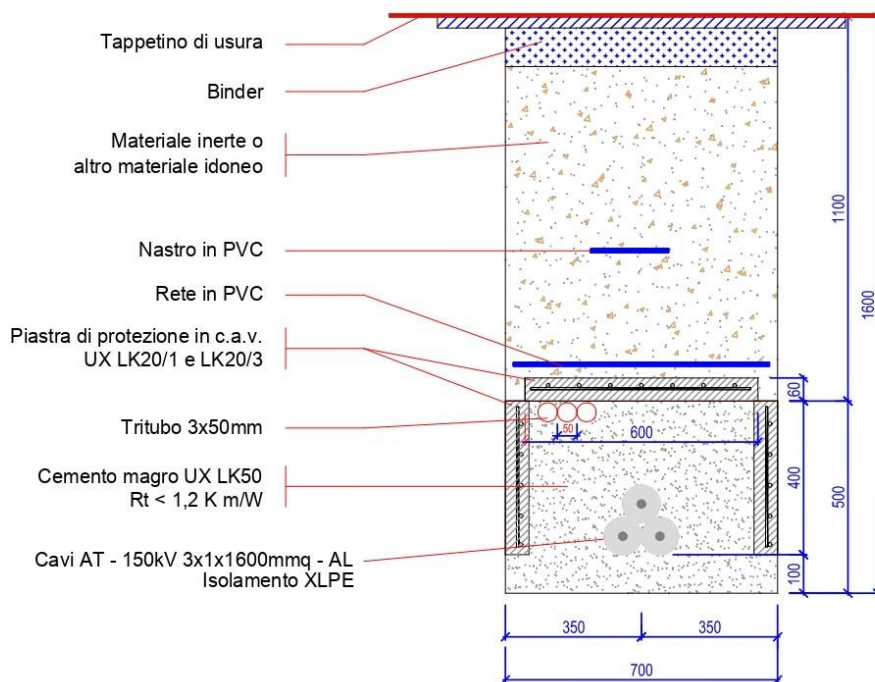
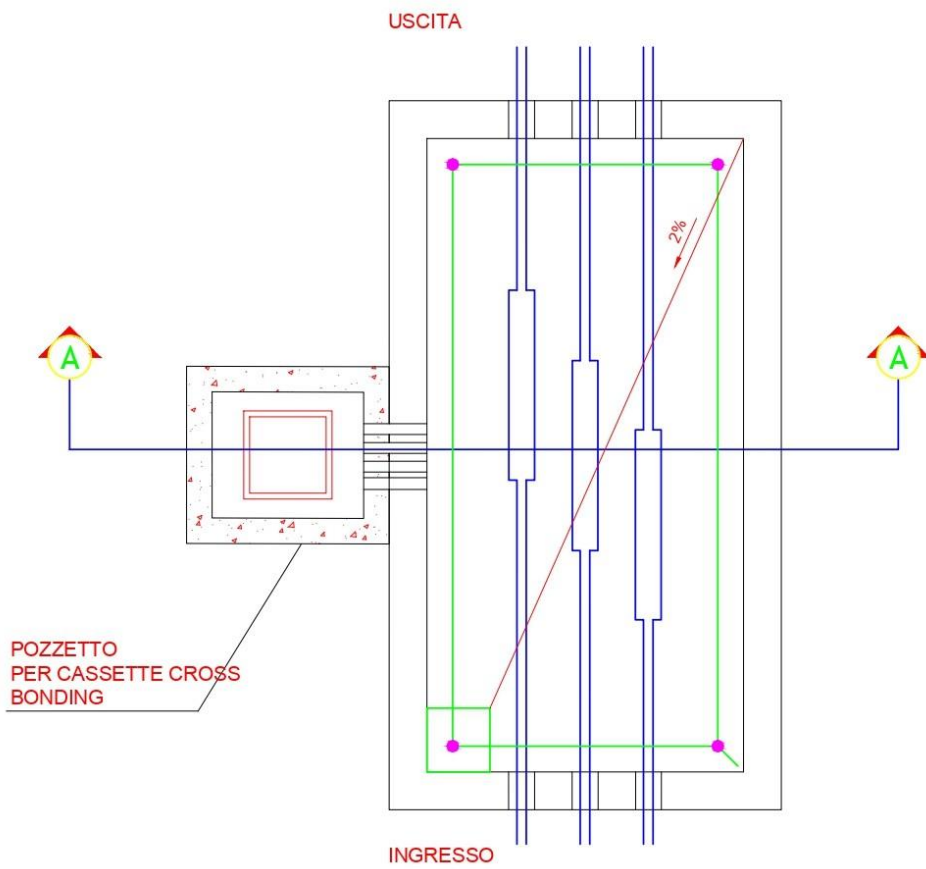


Fig. 7.4

# TIPICO PER POZZETTO GIUNTI CAVI AT - 150kV



## SEZIONE A-A

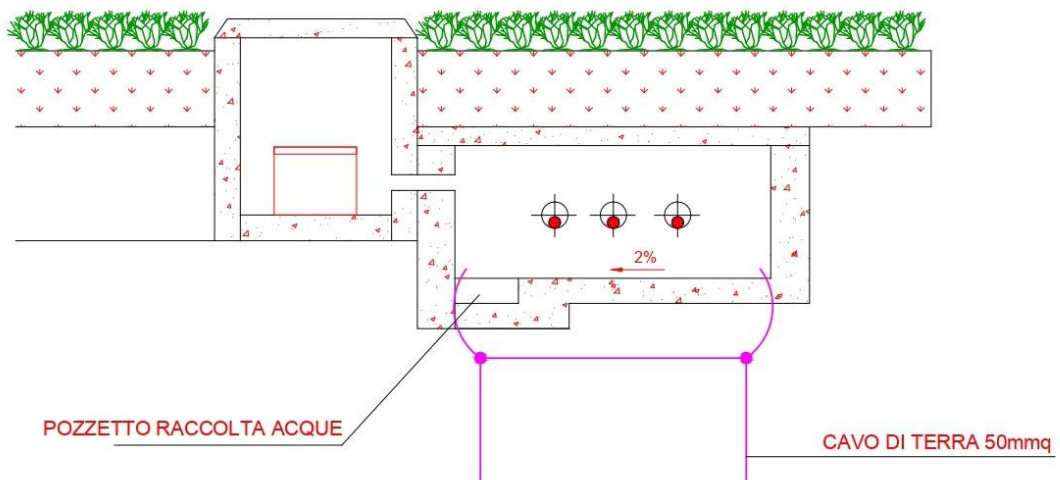


Fig. 7.5

### 6.5.2 Scelta della sezione del conduttore in relazione a condizioni di corto circuito – Verifica Termica

La scelta è fatta in modo che la temperatura raggiunta dal conduttore per effetto della sovracorrente non sia dannosa, come entità e durata, per l'isolamento del cavo. Non sono state considerate condizioni di sovraccarico ma solo condizioni di corto circuito.

In caso di corto circuito, viste le forti correnti e la rapidità del fenomeno, il fenomeno stesso può considerarsi di tipo "adiabatico", per cui tutta l'energia associata al corto circuito, fa aumentare rapidamente la temperatura del conduttore; in pratica, per la tipologia di isolante previsto ( XLPE ) non si deve superare la temperatura di 250° C, altrimenti la vita media dell'isolante, sottoposta a temperature superiori, anche se per poco tempo, ne risulta fortemente compromessa.

La sezione del conduttore, quindi, deve soddisfare la condizione  $k^2 S^2 \geq I^2 t$ , ove

- $k^2 S^2$  = energia specifica sopportabile dal cavo
- $I^2 t$  = energia specifica lasciata fluire dall'interruttore prima dell'intervento delle protezioni.

S = sezione del cavo

I = corrente di corto circuito

t = tempo di intervento delle protezioni

k = coefficiente che tiene conto della natura dell'isolante e dipendente da:

- Calore specifico medio del conduttore
- Coefficiente di temperatura della resistività
- Temperatura del conduttore all'inizio del corto circuito
- Temperatura massima ammissibile del conduttore al termine del corto circuito.

I valori di k sono tabellati, per conduttori di alluminio, per una temperatura iniziale pari a quella massima ammissibile ( 90°C ). Per una temperatura finale massima pari a quella indicata di 250 °C, si ricava che k = 92.

Nel caso in esame si ha:

- k = 92
- S = 1.600 mmq
- I = corrente di corto circuito trifase simmetrica massima pari a 14 kA ( valore ricavato da abachi di TERNA aggiornati ad aprile 2020 )
- t = tempo di intervento delle protezioni, stimato in 100 msec, comprensivo del ritardo intenzionale e delle inerzie delle bobine e dei comandi motorizzati.

Quindi:

$$k^2 S^2 \geq I^2 t$$

$$92^2 \cdot (1600)^2 > (14.000)^2 \cdot 0,1$$

$$21,67 \cdot 10^8 > 19,6 \cdot 10^8$$

**La condizione  $k^2 S^2 \geq I^2 t$  è ampiamente soddisfatta, per cui la sezione S = 1.600 mmq è idonea.**

### 6.5.3 Scelta della sezione del conduttore in funzione della caduta di tensione

Per quanto poco utilizzata si è verificata la Sezione ipotizzata  $S = 1.600 \text{ mm}^2$  ai fini della caduta di tensione.

La caduta di tensione è stata verificata mediante la relazione

$$DV = k \cdot L \cdot I_b \cdot ( R' \cos j + X' \sin j ) \text{ con}$$

- $k = 1,73$  per le reti trifasi
- $L$  = lunghezza della linea espressa in km; nel caso in esame  $L = 0,535 \text{ km}$
- $I_b$  = corrente di impiego, nel caso in esame  $I_b = 848 \text{ A}$
- $R'$  = resistenza per fase espressa in ohm / km; nel caso in esame  $R' = 24,2 \text{ mohm / km}$
- $X'$  = reattanza per fase espressa in ohm / km; nel caso in esame  $X' = 185 \text{ mohm / km}$
- $\cos j$  = fattore di potenza; nel caso in esame si è considerato pari a  $0,95$

Quindi

$$DV = k \cdot L \cdot I_b \cdot ( R' \cos j + X' \sin j ) = 1.73 \cdot 0,535 \cdot 848 ( 0,0242 \cdot 0,95 + 0,185 \cdot 0,31 ) =$$

= 63 Volt cui corrisponde una caduta di tensione

$$DV\% = \frac{DV}{V} \cdot 100 = \frac{63}{1500} \cdot 100 = 0,042\%$$

Quindi

$$DV = 0,063 \text{ kV}$$

$$DV\% = 0,042 \%$$

I valori di caduta di tensione, assoluta e percentuale, sono assolutamente accettabili e di gran lunga inferiori al valore, stimato, come limite, anche se non normato, del 2%. La sezione prevista  $S = 1.600 \text{ mm}^2$ , quindi, è idonea anche ai fini della caduta di tensione.

## 6.6 VERIFICA MECCANICA

### 6.6.1 Raggi di curvatura dei cavi

La curvatura dei cavi deve essere tale da non provocare danneggiamento agli stessi, durante le operazioni di posa.

Per il tipo di cavo previsto, il costruttore indica un raggio di curvatura minimo di  $2,3 \text{ mt}$ , per cui durante la posa si avrà cura di non superare tale valore.



### 6.6.2 Sollecitazione a trazione

Durante la posa dei cavi si dovranno prendere tutte le precauzioni necessarie al fine di evitare danneggiamenti irreversibili ai cavi stessi.

Gli sforzi di tiro necessari durante le operazioni di posa saranno applicati all'insieme dei conduttori e dell'armatura e mai agli isolanti; il tiro sarà effettuato mediante macchine con tiro controllato, che non superino mai il valore indicato dal costruttore di 48 kN.

### 6.7 DIMENSIONAMENTO E COLLEGAMENTO DEGLI SCHERMI

In caso di guasto le correnti che possono percorrere gli schermi dipendono da:

- Tipo di guasto
- Tipo costruttivo dello schermo
- Collegamenti alle estremità
- Distanza tra le fasi

#### Cross Bonding

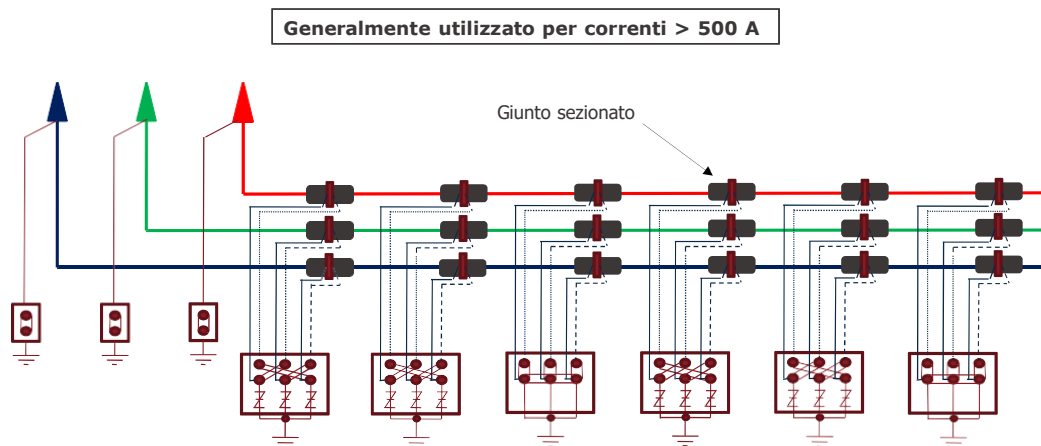


Fig.7.6

Le correnti circolanti nei conduttori principali generano campi magnetici che si concatenano con le guaine metalliche; la tensione indotta genera delle correnti di circolazione che causano perdite per effetto Joule.

Al fine di ridurre notevolmente le perdite nelle guaine metalliche si è prevista la connessione degli schermi, nei punti in cui saranno previsti i giunti, mediante il sistema "Cross Bonding", come si evince dalla Fig. 7.6; in pratica lo schermo di un cavo di una fase occuperà, nello spazio, le posizioni degli schermi delle altre fasi.

## **6.8 CONDIZIONI DI POSA**

### **Coesistenza tra cavi di energia e gasdotti**

La coesistenza tra cavi di energia e gasdotti è regolamentata dal DM del 24-11-1984, modificato dal DM del 16-04-2008- "Norme di sicurezza antincendio per il trasporto, la distribuzione e l'accumulo e l'utilizzo del gas naturale con una densità non superiore a 0,8 ". In caso di incroci, tra cavi di energia u tubazioni convoglianti gas naturali, le condizioni di posa ed i provvedimenti da adottare si dovranno definire con gli enti proprietari o concessionari.

### **Attraversamenti di strade statali e provinciali**

In corrispondenza degli attraversamenti delle linee in cavo, su strade statali e su strade provinciali, la linea in cavo deve essere disposta entro tubazioni, la cui profondità di posa non sarà minore di 1 mt; la distanza è calcolata dall'estradosso superiore della tubazione.

### **Coesistenza tra i cavi di energia ed i cavi di telecomunicazione**

Circa gli incroci dei cavi di energia con quelli di comunicazione, quando uno dei cavi è protetto da una tubazione ( o similari ) non è necessario osservare alcuna precauzione. Nel caso di parallelismi, invece, la distanza minima, in proiezione su di un piano orizzontale, non sarà inferiore a 0,30 mt.

## **8. CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI**

Il presente capitolo della relazione si prefigge l'obiettivo di analizzare i valori del campo elettrico e del campo magnetico generati dagli impianti in MT ed in AT, al fine di verificarne la compatibilità con la normativa vigente.

### **8.1 NORME CEI – DECRETI**

Le norme CEI ed i Decreti di riferimento sono i seguenti.

#### **8.1.1 Norme CEI**

- Norma CEI 11 – 17 – Impianti di produzione, trasmissione, distribuzione pubblica di energia elettrica – linee in cavo.
- Norma CEI 106 – 11 – Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti.
- Norma CEI 211 – 14 – Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati dalle linee e da stazioni elettriche.
- Norma CEI 211 – 6 – Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 – 10 Hz.

#### **8.1.2 Decreti**

La prima norma che ha disciplinato la materia circa l'esposizione ai campi elettromagnetici generati dalle linee elettriche di trasporto di energia è stato il D.P.C.M. del 23 Aprile 1992.

I limiti imposti dal suddetto decreto erano rispettivamente di 5 kV / m per il campo elettrico di 10  $\mu$ T per il campo magnetico. In più venivano fissate le distanze minime dai conduttori, in funzione del valore di tensione della linea, da tutti i fabbricati e/o luoghi ove si potesse presumere una presenza prolungata e significativa di persone.

Il 22 febbraio 2001 veniva promulgata la Legge Quadro N°36 sulla protezione da esposizione a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici; in essa venne introdotto il concetto di fascia di rispetto, definita, all'articolo 4.1h, come lo spazio all'interno di cui "non è consentita alcuna destinazione di edifici ed uso residenziale, scolastico, sanitario, ovvero, ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore"; la stessa prevedeva, inoltre, una serie di strumenti attuativi che normassero in maniera puntuale la materia e rimandava ad un successivo Decreto Ministeriale il compito di stabilire i nuovi limiti di esposizione.

Questo decreto è diventato operativo l'8 Luglio 2003.

## D.P.C.M. 8 Luglio 2003

- Art. 3 Limiti di esposizione e valori di attenzione
  1. Nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti, non deve essere superato il limite di esposizione di 100  $\mu$ T per l'induzione magnetica e 5 kV / m per il campo magnetico, intesi come valori efficaci.
  2. A titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete ( 50 HZ ), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere,, si assume per l'induzione magnetica il valore di attenzione do 10  $\mu$ T, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore, nelle normali condizioni di esercizio.
- Art. 4 Obiettivi di qualità
  1. Nella progettazione di nuovi elettrodotti, in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra, in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generato dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, è fissato l'obiettivo di qualità di 3  $\mu$ T per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.
- Art. 5 Tecniche di misurazione e di determinazione dei livelli di esposizione
  1. Le tecniche di misurazione da adottare sono quelle indicate dalla norma CEI 211 – 6, data pubblicazione 2001 – 01, classificazione 211 – 6 prima edizione, "*Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz – 10 Hz, con riferimento all'esposizione umana*" e successivi aggiornamenti.
- Art. 6 Parametri per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti
  1. Per la determinazione delle fasce di rispetto si dovrà fare riferimento all'obiettivo di qualità di cui all'art. 4 ed alla portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto, come definita dalla norma CEI 11 – 60, che deve essere dichiarata dal gestore al Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio per gli elettrodotti con tensione superiore a 150 kV e alle regioni per gli elettrodotti con tensione non superiore a 150 kV. I gestori provvedono a comunicare i dati per il calcolo e l'ampiezza delle fasce di rispetto ai fini delle verifiche delle autorità competenti.
  2. L'APAT, sentite le ARPA, definirà la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto con l'approvazione del Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio.

### **D.M. 29/05/2008 –Supplemento G.U. N° 160 del 5/7/2008**

Con Decreto del 29 maggio 2008 ( pubblicato in G.U. N° 156 del 05/07/2008 – Supplemento Ordinario N° 160 ) il Ministero dell’Ambiente e della Tutela del territorio e del Mare ha approvato la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti, così come previsto dall’art. 6 comma 2 del D.P.C.M. suddetto. Al par. 5.1.3 del succitato decreto si evince testualmente: “Al fine di semplificare la gestione territoriale e il calcolo delle fasce di rispetto, in prima approssimazione il proprietario / gestore deve:

- Calcolare la fascia di rispetto combinando la configurazione dei conduttori, geometrica e di fase, e la portata in corrente in servizio normale che forniscono il risultato più cautelativo sull’intero tronco ( la configurazione ottenuta potrebbe non corrispondere ad alcuna campata reale ).
- Proiettare al suolo verticale tale fascia.
- Comunicarne l’estensione rispetto alla proiezione del centro linea: tale distanza ( Dpa ) sarà adottata in modo costante lungo tutto il tronco come prima approssimazione, cautelativa, delle fasce. Le dimensioni delle fasce di rispetto devono essere fornite con una approssimazione non superiore ad 1 mt. Per gli elettrodotti in alta tensione di nuova realizzazione, la Dpa sarà fornita in formato elettronico georeferenziato che rispecchi la situazione post – realizzazione.

Per quanto riguarda il calcolo della Dpa, è possibile applicare quanto previsto dalla norma CEI 106 – 11 – Parte 1, in cui si fa riferimento ad un modello bidimensionale semplificato, valido per conduttori orizzontali paralleli. In casi complessi quali parallelismi, incroci tra linee o derivazioni e cambi di direzioni, vengono introdotti nel seguito procedimenti semplificati ( par. 5.1.4 ) che permettono di individuare aree di prima approssimazione che hanno la medesima valenza delle Dpa: cioè il primo termine di confronto per stabilire se sia necessario o meno un’analisi approfondita con calcolo tridimensionale della fascia di rispetto.

L’analisi si esaurirà a questo livello nella maggior parte dei casi.

In seguito all’emergere di situazioni di non rispetto della Dpa per vicinanza tra edifici o luoghi destinati a permanenza non inferiore a 4 ore, esistenti o di nuova progettazione, e linee elettriche esistenti oppure nuove, o in casi particolarmente complessi per la presenza di linee numerose o con andamenti molto irregolari, le autorità competenti valuteranno l’opportunità di richiedere al proprietario / gestore di eseguire il calcolo esatto della fascia di rispetto lungo le necessarie sezioni della linea al fine di consentire una corretta valutazione.

In questi casi particolari, la fascia deve essere calcolata in base ai valori che i parametri assumono in corrispondenza delle sezioni di calcolo e descritta in termini di estensione e collocazione spaziale tramite sezioni longitudinali, orizzontali e verticali rispetto al suolo, e trasversali da fornire in formato cartaceo e digitale georeferenziato rispetto al baricentro dei conduttori.

## 8.2 DEFINIZIONI E RIFERIMENTI DI CALCOLO

Ai fini dell'applicazione dei citati riferimenti legislativi si assumono le seguenti definizioni:

- a) Intensità di campo elettrico è il valore quadratico medio delle tre componenti mutuamente perpendicolari in cui si può pensare scomposto il vettore campo elettrico nel punto considerato, misurato in Volt al metro (V/m).
- b) Intensità di induzione magnetica è il valore quadratico medio delle tre componenti mutuamente perpendicolari in cui si può pensare scomposto il vettore campo magnetico nel punto considerato, misurato in Tesla ( T ).
- c) Elettrodotto: l'insieme delle linee elettriche propriamente dette, sottostazioni e cabine di trasformazione.

Per il calcolo dei valori del campo elettromagnetico si è fatto riferimento alla norma CEI 211 – 4 *“Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche”*.

Una linea elettrica durante il suo normale funzionamento genera un campo elettrico proporzionale alla tensione di esercizio della linea stessa ed un campo magnetico proporzionale alla corrente che transita nella linea.

Sia il campo elettrico che il campo magnetico decrescono molto rapidamente con la distanza dalla linea.

Per l'intero campo fotovoltaico e per le linee di connessione sino alla cabina elevatrice del produttore 30 / 150 kV, la presenza di campi elettromagnetici sarà del tipo a frequenza molto bassa, essendo gli impianti di tipo elettrico a 50 Hz.

Le maggiori fonti di campi elettromagnetici sono, di fatto:

- Linea elettrica interrata a 30 kV
- Cabina di trasformazione elevatrice 30 / 150 kV
- Linea elettrica interrata a 150 kV.

**Obiettivo di qualità:** ( DPCM 8/7/2003 art. 4 ) nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree di gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze giornaliere non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee di installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, è fissato l'obiettivo di qualità di 3  $\mu$ T per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle condizioni di esercizio.

**Fascia di rispetto:** è lo spazio circostante un elettrodotto che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da una induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità ( 3  $\mu$ T ). Come prescritto dall'art.4c.1 lettera h) della Legge Quadro N° 36 del 22 febbraio 2001, all'interno delle fasce di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario e ad uso che comporti una permanenza non inferiore alle quattro ore.

**Distanza di prima approssimazione ( Dpa ):** è la distanza in pianta sul livello del suolo della proiezione del centro linea secondaria da tutte le pareti della cabina stessa. Tale distanza garantisce che ogni punto oltre la Dpa si trovi all'esterno delle fasce di rispetto.

### **8.3 ACCORGIMENTI**

Gli accorgimenti previsti, già nella fase di progettazione definitiva, tendono già a mitigare le intensità dei campi elettromagnetici; si citano, ad esempio:

- Gli impianti di media tensione saranno alloggiati in cabine di trasformazione realizzate in cemento prefabbricato, le cui pareti e soffitto, contengono all'interno una vera e propria gabbia di Faraday; gli ambienti non sono presidiati e vi si accederà solo nel caso di guasti o di manutenzione e, comunque, in assenza di carico e di tensione.
- I cavi di media tensione sono previsti con schermatura interna; la loro posa è esclusivamente interrata entro cavidotti oppure entro pozzetti e cunicoli.
- I cavi di alta tensione sono previsti con schermatura interna; la loro posa è esclusivamente interrata.
- La cabina elevatrice 30 / 150 kV è del tipo "a giorno", con tutte le apparecchiature a vista; la cabina non è presidiata poiché totalmente controllata e supervisionata da remoto. L'area è recintata e l'accesso sarà possibile solo in caso di manutenzione, a personale dedicato; la distanza tra le recinzioni e le parti attive a 150 kV è tale da poter ritenere, per esperienze del caso, che i valori del campo elettromagnetico siano alquanto bassi.

## 8.4 METODOLOGIA DI CALCOLO

Le valutazioni sono state fatte nel pieno rispetto del D.P.C.M. dell'8 luglio 2003, *"Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete ( 50 Hz) generati dagli elettrodotti "*, nonché della *"Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti "*, approvata con D.M. 29 maggio 2008, ( Pubblicato in G.U. n. 156 del 05/07/2008 – Supplemento Ordinario n. 160 ).

Per **"fasce di rispetto"** si intendono quelle definite dalla Legge 22 febbraio 2001 n.36, ovvero il volume racchiuso dalla curva isolivello a 3 microtesla, all'interno delle quali non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario, ovvero un uso che comporti una permanenza superiore a 4 ore, da determinare in conformità alla metodologia di cui al D.P.C.M. 08/07/2003.

Tale DPCM prevede ( art.6 comma 2 ) che l'APAT ( ora ISPRA ), sentite le ARPA, definisca la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto con l'approvazione del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.

Con Decreto 29 maggio 2008 ( pubblicato in G.U. n. 156 del 05/07/2008 – Supplemento Ordinario n. 160 ) il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ha approvato la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti.

### 8.4.1 METODOLOGIA DI CALCOLO CAMPO MAGNETICO

#### Definizioni

In riferimento all'allegato del D.M. del 29 maggio 2008 *"Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto "* si introducono le seguenti definizioni:

- **Corrente**  
Valore efficace dell'intensità di corrente elettrica.
- **Portata in corrente in servizio normale**  
Corrente che può essere sopportata da un conduttore per il 100% del tempo con limiti accettabili del rischio di scarica sugli oggetti mobili e sulle opere attraversate e dell'invecchiamento.
- **Portata in regime permanente**  
Massimo valore della corrente che, in regime permanente e in condizioni specificate, il conduttore può trasmettere senza che la sua temperatura superi un valore specificato  
( secondo CEI 11 – 17 par. 1.2.05 ).
- **Fascia di rispetto**  
Spazio circostante un elettrodotto, che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.



- **Distanza di prima approssimazione ( Dpa )**

Distanza, in pianta sul livello del suolo, della proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più di Dpa si trovi all'esterno delle fasce di rispetto. Per le cabine è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra.

- **Metodo di calcolo**

Lo studio dell'impatto elettromagnetico nel caso di linee elettriche in cavo si traduce nella determinazione di una fascia di rispetto. Per l'individuazione di tale fascia si deve effettuare il calcolo dell'induzione magnetica basato sulle caratteristiche geometriche, meccaniche ed elettriche della linea presa in esame. Esso deve essere eseguito secondo modelli tridimensionali o bidimensionali con l'applicazione delle condizioni espresse dalla norma CEI 106 – 11.

Al fine di semplificare la gestione territoriale e il calcolo delle fasce di rispetto, in prima approssimazione è possibile:

- Calcolare la fascia di rispetto combinando la configurazione dei conduttori, geometrica e di fase, e la portata in corrente in servizio normale, che forniscono il risultato più cautelativo sull'intero tronco;
- Proiettare al suolo verticalmente tale fascia;
- individuare l'estensione rispetto alla proiezione del centro linea ( Dpa ).

#### **8.4.2 METODOLOGIA DI CALCOLO CAMPO ELETTRICO**

##### **Cenni storici**

In generale, per il calcolo del campo elettrico si ricorre al principio delle immagini in base al quale il terreno, considerato come piano equipotenziale a potenziale nullo, può essere simulato con una configurazione di cariche immagini. In altre parole per ogni conduttore reale, sia attivo che di guardia, andrà considerato un analogo conduttore immagine la cui posizione è speculare, rispetto al piano terra, a quella del conduttore reale e la cui carica è opposta a quella del medesimo conduttore reale.

In particolare il campo elettrico di un conduttore rettilineo di lunghezza infinita con densità lineare di carica costante può essere espresso come dipendente da:

- direttamente proporzionale alla densità lineare di carica sul conduttore;
- inversamente proporzionale dalla distanza del conduttore rettilineo dal punto di calcolo

## 8.5 RISULTATI CALCOLI CAMPI ELETTROMAGNETICI GENERATI DALLA LINEA INTERRATA IN AT – 150 KV

Per quanto riguarda il valore del campo elettrico, trattandosi di linea interrata, esso è da ritenersi di valore trascurabile grazie anche all'effetto schermante del terreno e del magrone di cemento.

Si riportano, quindi, solo i calcoli relativi al campo magnetico.

Si è considerata la situazione più significativa, quella del campo magnetico generato in un punto qualsiasi del tratto di cavidotto a 150 kV dalla cabina elevatrice alla nuova Se 380 / 150 kV di TERNA. Dalla relazione di calcolo del dimensionamento del cavo 150 kV si evince che la corrente massima di impiego è  $I_b = 848$  A.

**N.B.** Nella realtà tale valore è molto cautelativo in quanto il dimensionamento è stato effettuato per una potenza  $P = 220$  MVA, quando la massima potenza in immissione, lato AC, sarà decisamente inferiore, almeno nella prima fase.

Circa le condizioni di posa si fa riferimento alla Fig.7.4

Si ricordano le caratteristiche del cavo

- Tipo ARE4H1H5E
- Livelli di isolamento  $U_0/U = 87/150$  kV
- Sezione  $S = 1.600$  mmq
- Diametro esterno 111 mm
- Cavi disposti In piano
- Profondità di posa 1,6 mt

nella tabella T1 e nelle Fig.8.1 e Fig.8.2 sono riportati i risultati del calcolo dell'intensità del campo magnetico generato dalla linea incavo AT – 150 kV, per una corrente massima reale di impiego di 848 A.

il calcolo è stato redatto sulla base delle indicazioni contenute nella norma CEI 211 – 6 *“Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 – 10 Hz”*.

Circa la fascia di rispetto dei 3  $\mu$ T e la Distanza di Prima Approssimazione ( Dpa ), queste sono state calcolate in ossequio alla norma CEI 211 – 4.

Dai calcoli si è desunta una Dpa pari a circa 3,5 mt, vedi Fig. 8.3

Distanza [m]	B orizz.le [μT]	B verticale [μT]	B risultante [μT]
-7,000	0,602	0,675	<b>0,904</b>
-6,000	0,874	0,788	<b>1,177</b>
-5,000	1,314	0,879	<b>1,581</b>
-4,000	2,029	0,841	<b>2,196</b>
-3,000	3,129	0,365	<b>3,150</b>
-2,000	4,369	1,309	<b>4,561</b>
-1,000	4,071	4,712	<b>6,227</b>
0,000	0,383	7,074	<b>7,084</b>
1,000	4,071	4,712	<b>6,227</b>
2,000	4,369	1,309	<b>4,561</b>
3,000	3,129	0,365	<b>3,150</b>
4,000	2,029	0,841	<b>2,196</b>
5,000	1,314	0,879	<b>1,581</b>
6,000	0,874	0,788	<b>1,177</b>
7,000	0,602	0,675	<b>0,904</b>

Tabella T1

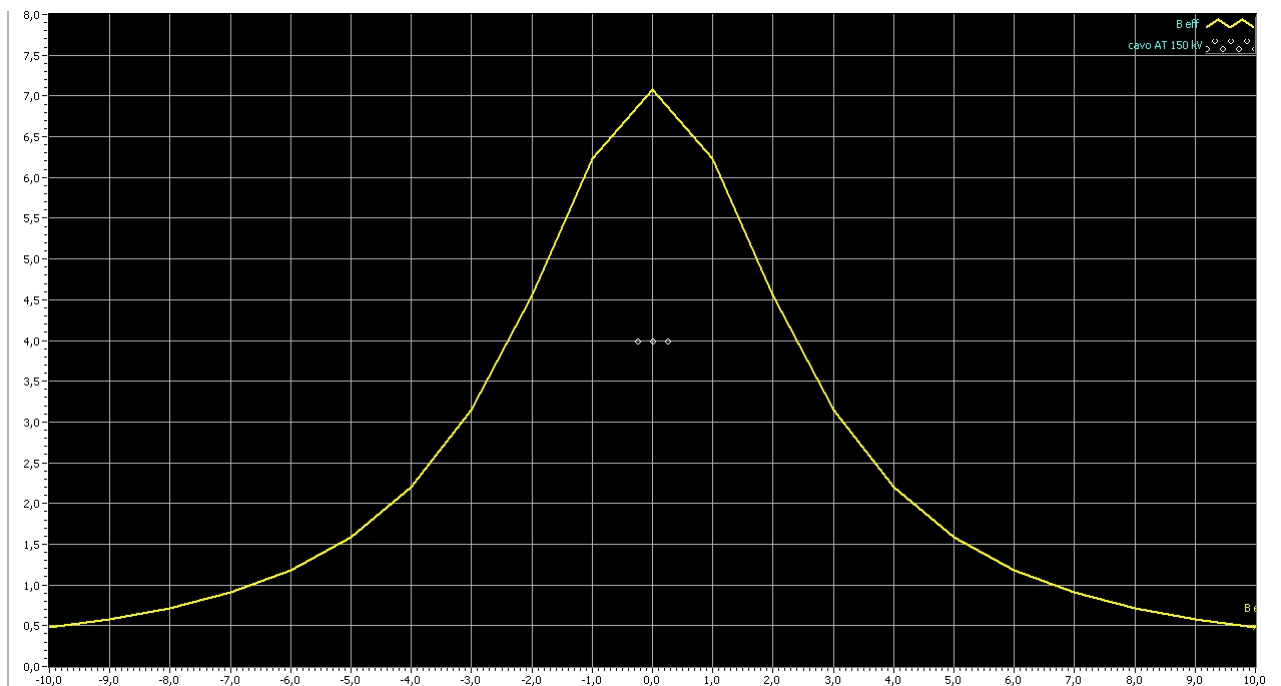
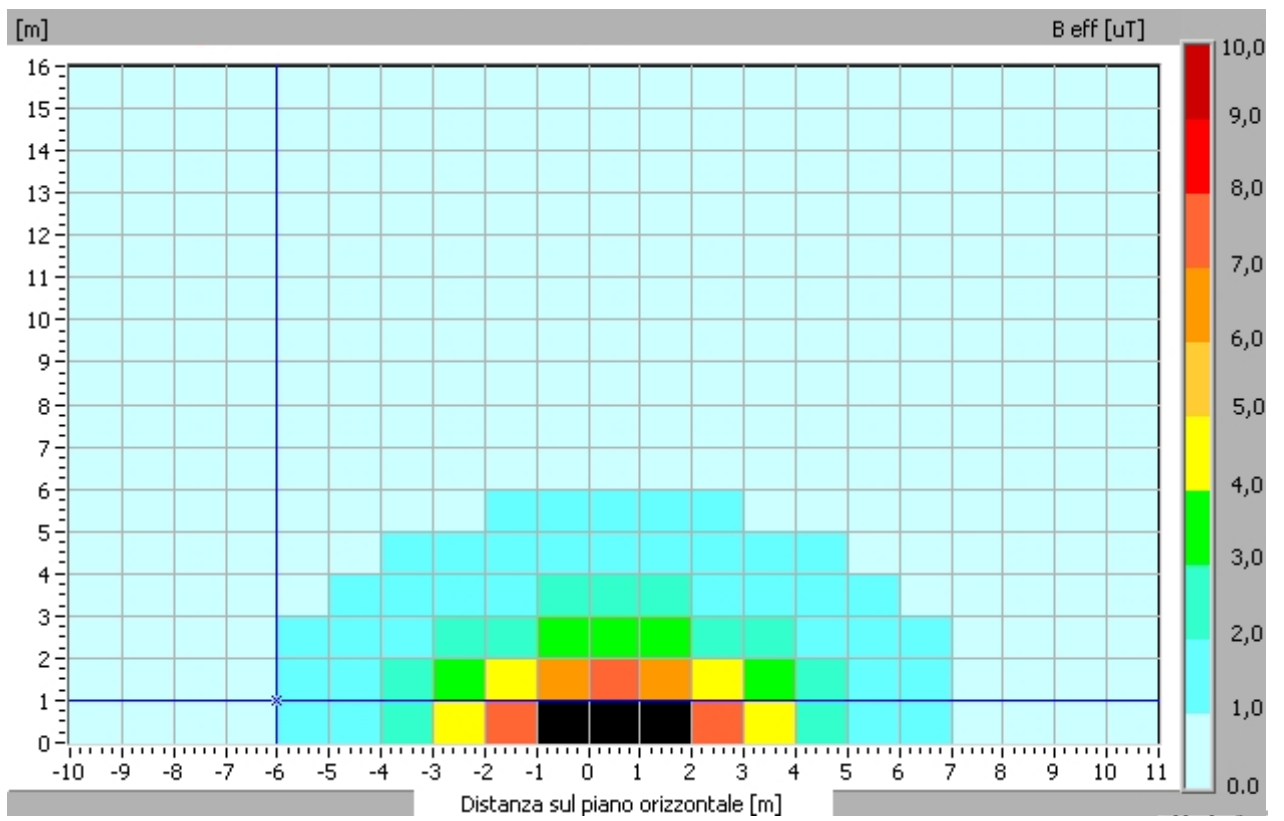


Fig. 8.1



**Fig. 8.2**

## RAPPRESENTAZIONE DELLA FASCIA DI RISPETTO E DELLA D.P.A.

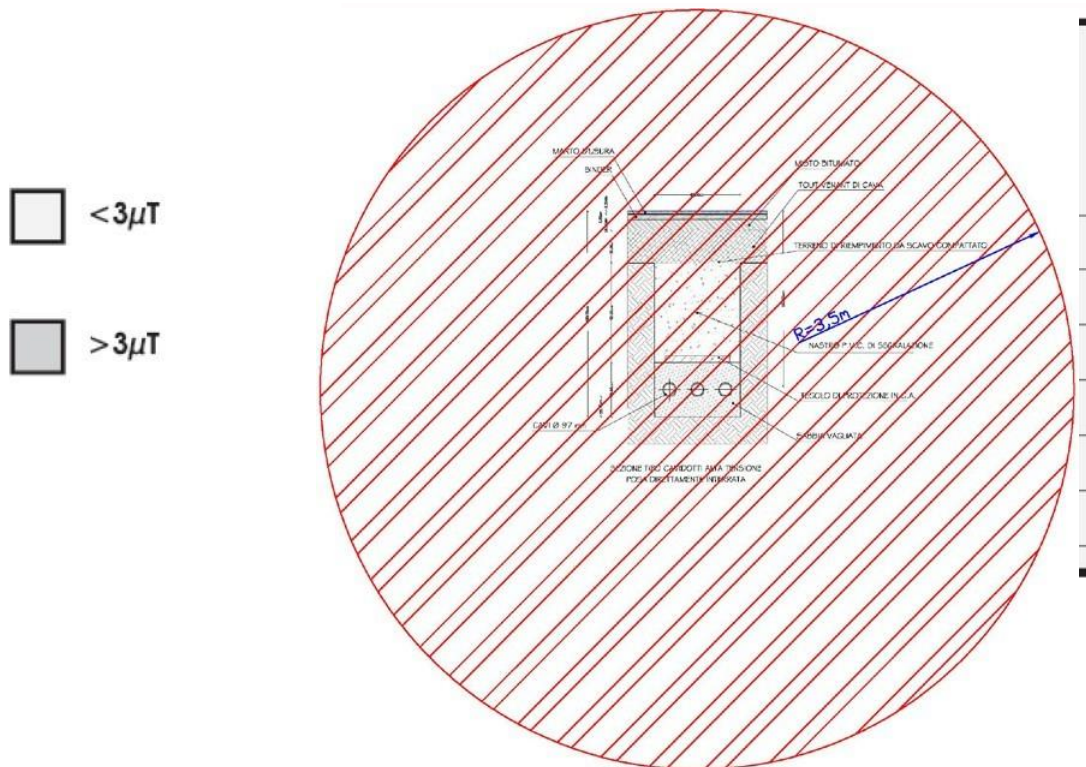


Fig. 8.3

### 8.6 CONCLUSIONI

Si può concludere che il campo magnetico "post operam", ad altezza di uomo, avrà un valore inferiore al limite di sicurezza dei  $3\mu\text{T}$  a circa 3,3 mt.

C'è da sottolineare che il cavidotto in esame è lontano da abitazioni e luoghi dove non è ragionevole supporre una permanenza in prossimità o al di sopra di esso, per più di 4 ore al giorno e per periodi prolungati; inoltre interventi di manutenzione saranno effettuati sempre in assenza di tensione.

### 8.7 RISULTATI CALCOLI CAMPI ELETTROMAGNETICI LINEE INTERRATE IN MT – 30 KV

Anche per la linea interrata in MT, il campo elettrico è da ritenersi trascurabile, per cui si riportano solo i calcoli del campo magnetico.

Dalla relazione di calcolo della linea MT si è considerata la sezione tipica S1 (vedi Fig. 5.1) che prevede nello scavo, la linea in cavo tipo ARE4H1ER(X) in formazione ( $3 \times 1 \times 240\text{ mm}^2$ ), con una corrente di impiego massima  $I_b=289\text{ A}$ .

Il calcolo del campo magnetico è stato sviluppato sulla verticale del cavidotto e nelle sue immediate vicinanze, fino ad una distanza massima di 10 mt; la valutazione del campo magnetico è stata calcolata alle quote 0; +1; +2; +3 mt dal livello del suolo.

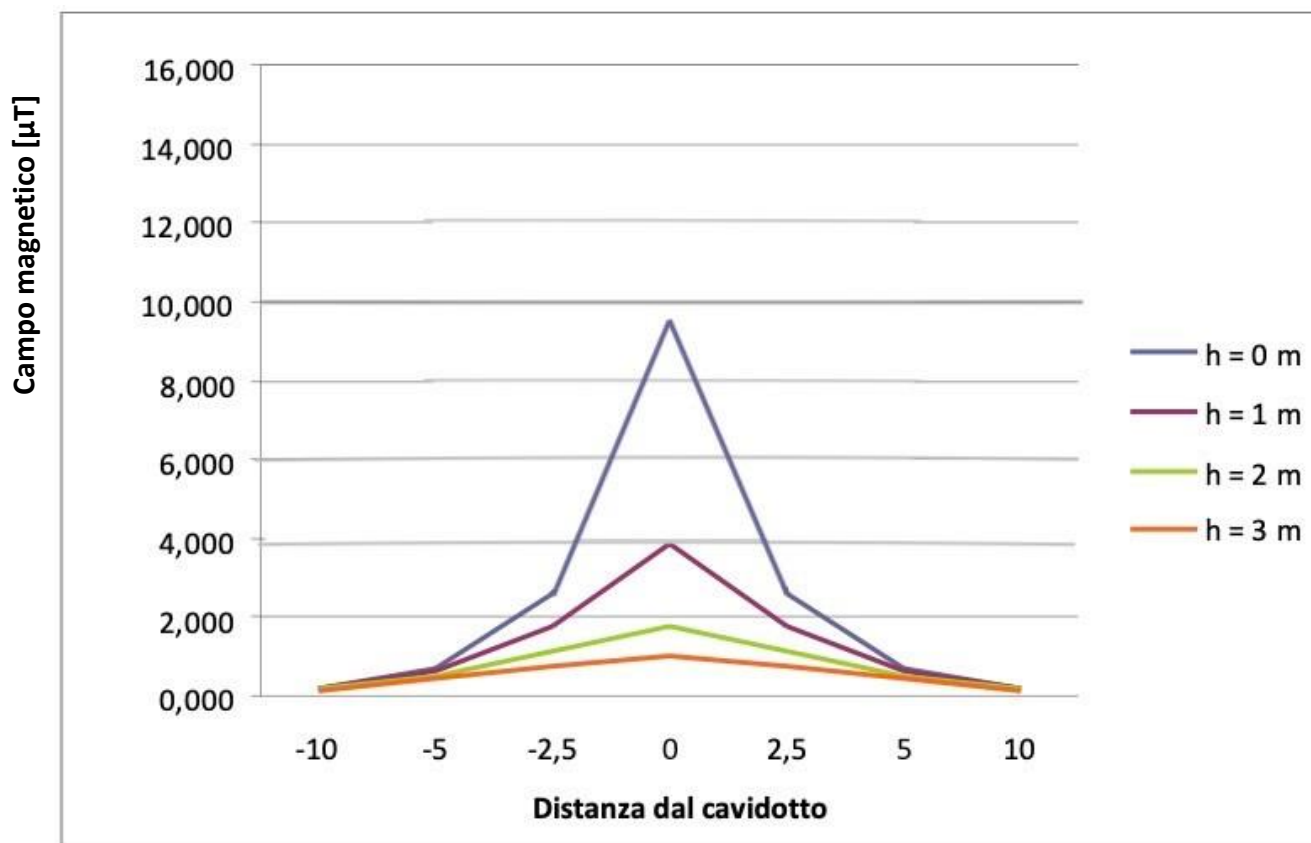
Il calcolo è stato eseguito in ossequio alle raccomandazioni della norma CEI 211 – 4.

Nella Tabella T.2 sono tabellati i valori delle intensità del campo magnetico, calcolato in funzione della distanza dall'asse del cavidotto e della quota "h" rispetto al piano di campagna.

Distanza dal cavidotto (m)	Campo magnetico sulla verticale ( $\mu\text{T}$ )			
	$h = 0 \text{ m}$	$h = 1 \text{ m}$	$h = 2 \text{ m}$	$h = 3 \text{ m}$
-10	0,18	0,17	0,16	0,15
-5	0,70	0,62	0,53	0,43
-2,5	2,60	1,74	1,15	0,78
0	9,70	3,87	1,80	1,04
2,5	2,60	1,74	1,15	0,78
5	0,70	0,62	0,53	0,43
10	0,18	0,17	0,16	0,15

**TABELLA T. 2**

Nella Fig.8.4, invece, è riportato l'andamento grafico dello stesso campo magnetico.



**Fig. 8.4**

### 8.7.1 ANALISI DEI RISULTATI

Come di evince dai risultati dei calcoli si è superato il valore obiettivo di qualità di  $3 \mu\text{T}$  e poco al di sotto del valore di attenzione di  $10 \mu\text{T}$ ; si sottolinea, però, che il cavidotto in esame, sarà realizzato su aree agricole ben lontano da aree di gioco, da ambienti abitativi, scolastici e da luoghi adibiti a permanenze non inferiori alle 4 ore giornaliere.

### 8.7.2 DETERMINAZIONE DELLA FASCIA DI RISPETTO

Per la determinazione della fascia di rispetto è stato effettuato il calcolo dell'intensità del campo magnetico tra le quote 1 – 2 mt, per individuare la distanza dall'asse del cavidotto, per la quale si raggiunge il valore di  $3 \mu\text{T}$ .

Nella Fig.8.5 è rappresentato l'andamento del campo magnetico sulla verticale, tra le distanze di 1 – 1,6 mt.

Si è individuato, quindi, come volume di rispetto relativa alla configurazione presa in esame, il volume cilindrico in asse con il cavidotto ed avente un raggio di 2,5 mt, e come fascia di rispetto la sua proiezione al suolo.

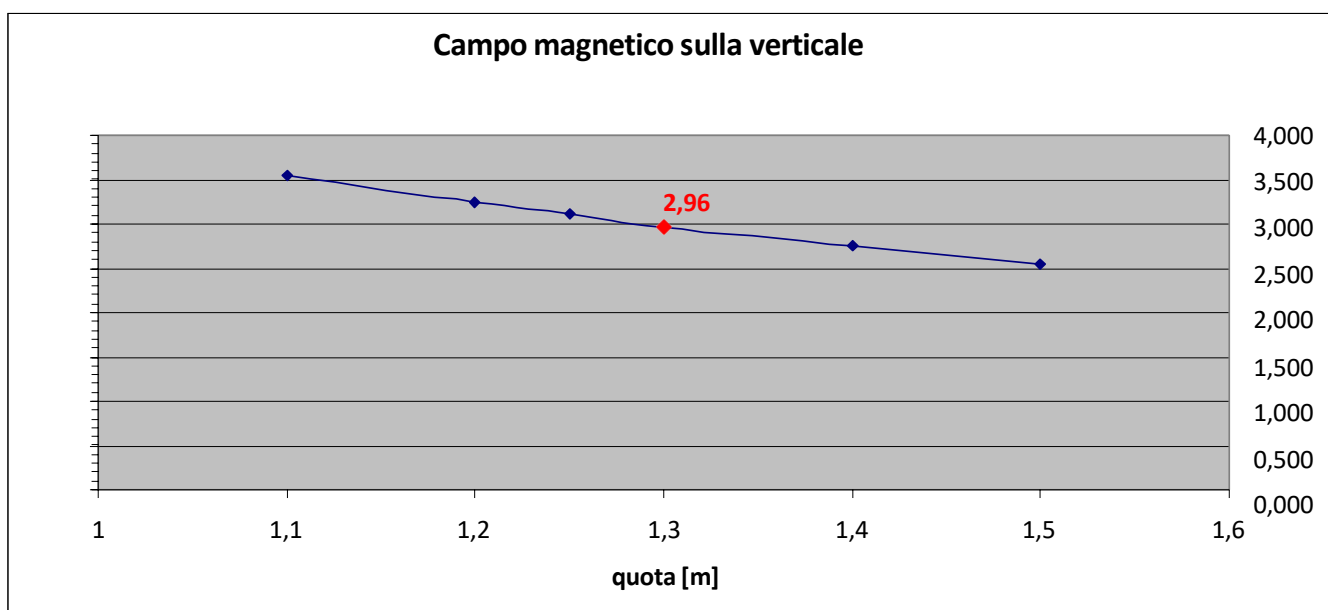


Fig. 8.5

## **9. PRINCIPALE NORMATIVA VIGENTE DI RIFERIMENTO**

Oltre alle Norme, Decreti, citati nei diversi capitoli della presente relazione, si farà riferimento, inoltre, alla seguente normativa:

- Specifiche Tecniche ENEL
- Specifiche Tecniche TERNA
- CEI 20 – 13 Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30 kV
- CEI 20 – 29 Conduttori per cavi isolati
- CEI 20 – 24 Giunzioni e terminazioni per cavi di energia
- CEI 20 – 56 Cavi da distribuzione con isolamento estruso con tensioni nominali da 3.6 kV a 36 kV
- CEI 99 – 2 Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata
- CEI 99 – 3 Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in corrente alternata
- CEI 11 – 37 Guida per l'esecuzione degli impianti di terra nei sistemi utilizzatori di energia a tensione maggiore di 1 kV
- CEI 11 – 32 Impianti di produzione connessi a reti di III Categoria
- CEI 11 – 20 Impianti di produzione connessi a reti di I – II Categoria
- CEI 11 – 25 Calcolo delle correnti di corto circuito
- CEI-EN 61439 1-2 Quadri BT
- CEI-EN 62271 100-200-102-103-105-206-304 Quadri MT
- CEI-EN 60255 Relè
- CEI-EN 61869 2 Trasformatori di tensione
- CEI-EN 61869 3 Trasformatori di corrente
- CEI-EN 60076-1/5 Trasformatori in resina
- UE548/2014. Trasformatori a basse perdite
- CT 17 – Norme CEI – Grossa apparecchiatura



- CEI 0 – 16 Regola tecnica di riferimento per la connessione di utenti Attivi e Passivi alle reti AT – MT delle imprese distributrici di energia elettrica. Rev.4 – Settembre 2019.
- CEI 64-8 Impianti di bassa tensione
- CEI-EN 60529 Gradi di protezione
- CEI-EN 61000-2/3 Compatibilità elettromagnetica
- CEI 13-4. Sistemi di misura
- Delibera ARERA N°84/2012/R/eel
- Delibera ARERA N°421/2014/R/eel
- Delibera ARERA N°595/2014/R/eel