

IMPIANTO AGRIVOLTAICO EG BETULLA E OPERE CONNESSE

POTENZA IMPIANTO 93,73 MWp - COMUNE DI POLESELLA (RO)

Proponente

EG BETULLA S.R.L.

VIA DEI PELLEGRINI 22 – 20122 MILANO (MI) - P.IVA: 12460120962 – PEC: egbetulla@pec.it

Progettazione

Ing. Antonello Rutilio

VIA R. ZANDONAI 4 – 44124 - FERRARA (FE) - P.IVA: 00522150382 – PEC: incico@pec.it

Tel.: +39 0532 202613 – email: a.rutilio@incico.com

Coordinamento progettuale

SOLAR IT S.R.L.

VIA ILARIA ALPI 4 – 46100 - MANTOVA (MN) - P.IVA: 02627240209 – PEC: solarit@lamiappec.it

Tel.: +390425 072 257 – email: info@solaritglobal.com

Titolo Elaborato

RELAZIONE ELETTROMAGNETICA

| LIVELLO PROGETTAZIONE | CODICE ELABORATO | FILE NAME | DATA |
|-----------------------|------------------|---|------------|
| DEFINITIVO | PD_REL18 | 24SOL069_PD_REL18.00-Relazione elettromagnetica | GIUGNO '24 |

Revisioni

| REV. | DATA | DESCRIZIONE | ESEGUITO | VERIFICATO | APPROVATO |
|------|------------|--------------------------|----------|------------|-----------|
| 0 | GIUGNO '24 | EMISSIONE PER PERMITTING | ECA | EPO | ARU |



COMUNE DI POLESELLA (RO)

REGIONE VENETO



RELAZIONE ELETTROMAGNETICA

INDICE

| | | |
|-----|--|---|
| 1 | PREMESSA | 1 |
| 2 | NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 1 |
| 3 | LIMITI DI COMPATIBILITA' ELETTROMAGNETICA NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 2 |
| 4 | SORGENTI A BASSA FREQUENZA (ELF)..... | 3 |
| 5 | DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE DELL'INTERVENTO | 3 |
| 6 | CALCOLO DELLA DISTANZA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE PER I COMPONENTI IN PROGETTO | 4 |
| 6.1 | CAMPO FOTOVOLTAICO (MODULI FV)..... | 4 |
| 6.2 | INVERTER CENTRALIZZATO (DC/AC)..... | 4 |
| 6.3 | TRASFORMATORE INNALZATORE BT/AT 0.63/36kV | 5 |
| 6.4 | ELETTRODOTTI INTERRATI DI ALTA TENSIONE (AT) TRA STAZIONE DI CAMPO E CABINA ELETTRICA DI INTERFACCIA (AT)..... | 6 |
| 6.5 | CABINA D'INTERFACCIA..... | 7 |
| 6.6 | ELETTRODOTTO INTERRATO AT DA CABINA ELETTRICA DI INTERFACCIA AT A NUOVA STAZIONE ELETTRICA SE 136/36KV..... | 8 |
| 7 | CONCLUSIONI | 9 |

1 PREMESSA

Il presente studio è stato redatto al fine di valutare l'impatto elettromagnetico generato dagli impianti elettrici funzionali all'impianto di produzione di energia elettrica da fonte solare (fotovoltaico) di potenza pari a 93,73 MWp da realizzarsi presso il comune di Polesella (RO). Dal punto di vista fisico le onde elettromagnetiche sono un fenomeno 'unitario', cioè i campi e gli effetti che producono si basano su principi del tutto uguali; la grandezza che li caratterizza è la frequenza. In base ad essa è di particolare rilevanza, per i diversi effetti biologici che ne derivano e quindi per la tutela della salute, la suddivisione in:

- ✓ Radiazioni ionizzanti, ossia le onde con frequenza altissima, superiore a 3 milioni di GHz, e dotate di energia sufficiente per ionizzare la materia;
- ✓ Radiazioni non ionizzanti (NIR), ovvero le onde con frequenza inferiore a 3 milioni di GHz, che non trasportano un quantitativo di energia sufficiente a ionizzare la materia. All'interno delle radiazioni non ionizzanti si adotta una ulteriore distinzione in base alla frequenza di emissione:
- ✓ Campi elettromagnetici a bassa frequenza o ELF: (0 - 300 Hz), le cui sorgenti più comuni comprendono ad esempio gli elettrodomesti e le cabine di trasformazione, gli elettrodomestici, i computer;
- ✓ Campi elettromagnetici ad alta frequenza o a radiofrequenza RF: (300 Hz - 300 GHz), le cui sorgenti principali sono i radar, gli impianti di telecomunicazione, i telefoni cellulari e le loro stazioni radio base.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le norme costituenti il quadro normativo vigente in materia di inquinamento elettromagnetico derivante da impianti di trasmissione, trasformazione e distribuzione di energia elettrica a frequenza industriale (50 Hz) sono:

- ✓ Legge 22 febbraio 2001, n° 36 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici";
- ✓ Decreto del Presidente del Consiglio dei ministri del 08.07.2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodomesti";
- ✓ Decreto ministeriale 29.05.2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodomesti".
- ✓ DM 21 marzo 1988, n. 449 "Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee aeree esterne;
- ✓ CEI EN 50341-2-13 Linee elettriche aeree con tensione superiore a 1 kV in c.a. Parte 2-13: Aspetti Normativi Nazionali (NNA) per l'Italia (basati sulla EN 50341-1:2012);
- ✓ CEI EN 50341-1 Linee elettriche aeree con tensione superiore a 1kV in corrente alternata Parte 1: Prescrizioni generali - Specifiche comuni; Trovano inoltre applicazione ai fini della presente valutazione le seguenti norme tecniche:
- ✓ CEI 106-11 "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodomesti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) - Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo (2006-02)";
- ✓ CEI 106 -12 "Guida pratica ai metodi e criteri di riduzione dei campi magnetici prodotti dalle cabine elettriche AT/BT;
- ✓ CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche (2008-09)";
- ✓ CEI 211-6 Guida per la misura e la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana (2001-01);
- ✓ ENEL DISTRIBUZIONE "Linea Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'allegato al DM 29.05.08 - Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche";
- ✓ CEI 11-17;V2 "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo".

3 LIMITI DI COMPATIBILITA' ELETTROMAGNETICA NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Ai fini della protezione della popolazione dall'esposizione ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati da linee e cabine elettriche, il DPCM 8 luglio 2003 (artt. 3 e 4) fissa, in conformità alla Legge 36/2001 (art. 4, c. 2):

- ✓ I limiti di esposizione del campo elettrico (5 kV/m) e del campo magnetico (100 μ T) come Valori efficaci, per la protezione da possibili effetti a breve termine;
- ✓ Il valore di attenzione (10 μ T) e l'obiettivo di qualità (3 μ T) del campo magnetico da intendersi come mediana nelle 24 ore in normali condizioni di esercizio, per la protezione da possibili effetti a lungo termine connessi all'esposizione nelle aree di gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenza non inferiore a 4 ore giornaliere (luoghi tutelati).

Nel dettaglio, si riportano le seguenti tabelle con le definizioni ed i limiti di esposizione per basse frequenze:

| | |
|------------------------------|---|
| Limite di esposizione | Valore che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione della popolazione |
| Limite di attenzione | Valore che non deve essere superato negli ambienti a permanenza prolungata |
| Obiettivi di qualità | Limite da rispettare per installazioni future |

| DPCM 8 luglio 2003 – Basse frequenza (< 100 kHz) | | |
|--|-----------------|---------------------|
| | Campo elettrico | Induzione magnetica |
| Limite di esposizione | 5000 V/m | 100 μ T |
| Valore di attenzione (media 24 h) | | 10 μ T |
| Obiettivi di qualità (media 24 h) | | 3 μ T |

Il valore di attenzione si riferisce ai luoghi tutelati esistenti nei pressi di elettrodotti esistenti; l'obiettivo di qualità si riferisce, invece, alla progettazione di nuovi elettrodotti in prossimità di luoghi tutelati esistenti o alla progettazione di nuovi luoghi tutelati nei pressi di elettrodotti esistenti. Il DPCM 8 luglio 2003, all'art. 6, in attuazione della Legge 36/01 (art. 4 c. 1 lettera h), introduce la metodologia di calcolo delle fasce di rispetto, definita nell'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti). Detta fascia comprende tutti i punti nei quali, in normali condizioni di esercizio, il valore di induzione magnetica può essere maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.

La metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti prevede una procedura semplificata di valutazione (par. 5.1.3 del Decreto 29 maggio 2008) con l'introduzione della Distanza di Prima Approssimazione (DPA), nel rispetto dell'obiettivo di qualità di 3 μ T del campo magnetico.

Le definizioni di DPA e Fascia di rispetto sono, infatti, così definite:

- ✓ Distanza di prima approssimazione (DPA): per le linee è la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla 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; e 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;
- ✓ 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 una induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità (3 μ T).

4 SORGENTI A BASSA FREQUENZA (ELF)

Le basse frequenze, o ELF (Extremely Low Frequency), consistono in campi elettrici e magnetici di cui si formano in corrispondenza di elettrodotti (a bassa, media ed alta tensione), e di tutti i dispositivi alimentati a corrente elettrica, di intensità decisamente inferiore, quali elettrodomestici, videotermini, etc.

Gli altri componenti del sistema di trasmissione e distribuzione che sono diffusi sul territorio, cioè le stazioni e le cabine, non sono in pratica delle importanti sorgenti di campo elettrico dal punto di vista dell'esposizione della popolazione.

Il campo elettrico generato dalle linee elettriche aeree in un determinato punto dello spazio circostante dipende principalmente dal livello di tensione e dalla distanza del punto dai conduttori della linea (altri fattori che influenzano l'intensità del campo elettrico sono poi la disposizione geometrica dei conduttori nello spazio e la loro distanza reciproca).

Alle basse frequenze le caratteristiche fisiche dei campi sono più simili a quelle dei campi statici rispetto a quelle dei campi elettromagnetici veri e propri; è per questo che per le ELF il campo elettrico e il campo magnetico possono essere considerati e valutati come entità a sé stanti.

Si distinguono due principali tipologie di sorgenti in base alle diverse caratteristiche del campo emesso:

- ✓ Quelle deputate al trasporto e distribuzione dell'energia elettrica;
- ✓ Quelle degli apparecchi che utilizzano energia elettrica.

Nella situazione in esame si tratta di elettrodotti cioè sorgenti di campo elettromagnetico a frequenza industriale (50 – 60 Hz). Per elettrodotto si intende l'insieme delle linee elettriche, delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione. Le cabine di trasformazione rappresentano un problema molto minore dal punto di vista dell'inquinamento elettromagnetico, poiché a pochi metri di distanza i campi elettrici e magnetici sono già trascurabili.

Le linee elettriche portano energia elettrica dai centri di produzione agli utilizzatori (industrie, abitazioni, etc.) mentre le cabine di trasformazione trasformano la corrente prodotta dalle centrali in tensioni più basse per l'utilizzazione nelle applicazioni pratiche.

Le tensioni di esercizio delle linee elettriche in Italia si distinguono in 6 kV, 15 kV, 20 kV e 30kV per la media tensione; 36,132, 220 e 380 kV per l'alta ed altissima tensione.

5 DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE DELL'INTERVENTO

Il generatore fotovoltaico in progetto sarà composto da moduli fotovoltaici al silicio monocristallino, collegati in serie tra loro formando un certo numero di stringhe.

Le stringhe fotovoltaiche saranno "parallelate" tra loro sui quadri di campo e il parallelo collegato direttamente ad uno degli ingressi dell'inverter. Ciascun quadro di campo (combiner box) sarà collocato in campo tra due strutture e fissato ad un sostegno metallico appositamente realizzato e infisso nel terreno.

Come anticipato, l'uscita di ciascun quadro di campo sarà collegata all'inverter posto all'interno della stazione di trasformazione e conversione in skid, dove si provvederà alla trasformazione della tensione di esercizio da BT 630V (quella prodotta dall'inverter) a AT 36kV.

La stazione sarà pertanto composta da un inverter centralizzato (4.532kVA), un trasformatore BT/AT 0.63/36kV, un quadro AT e dagli apparati ausiliari necessari al funzionamento ordinario dell'intero sistema. Ognuna di esse gestirà un sottocampo, in totale sono previsti 20 sottocampi.

In uscita da ciascuna stazione di campo, partirà una linea interrata in AT (36 kV) che conduce alla cabina elettrica d'Interfaccia, prefabbricata in c.a.v., nella quale alloggia il quadro di arrivo in Alta Tensione (QAT 36kV) dove saranno attestate tutte le linee AT provenienti dagli Skid di trasformazione.

In Cabina d'interfaccia AT, sarà presente anche un trasformatore AT/BT (36/0,4 kV) destinato all'alimentazione degli impianti ausiliari interni al campo FV.

Tramite un cavidotto AT 36kV sarà realizzato il collegamento in antenna tra la suddetta cabina e la nuova Stazione Elettrica (SE) da inserire in entra- esce alle linee RTN a 132 kV "San Bellino – Rovigo ZI" e "Canaro – Rovigo RT",".".

Il nuovo elettrodotto 36kV per il collegamento in antenna dell'impianto sulla Stazione Elettrica della RTN costituisce impianto di utenza per la connessione, mentre lo stallo di arrivo produttore a 36kV nella suddetta stazione costituisce impianto di

rete per la connessione.

Di seguito si riporta la denominazione, potenza nominale di picco (DC) e potenza di immissione in rete (AC) dell'impianto Agrivoltaico:

| Caratteristiche impianto | |
|---|---------|
| POTENZA NOMINALE DC (MWP) | 93,73 |
| POTENZA MAX DI IMMISSIONE (AC) | 90,64 |
| MODULI INSTALLATI (700W) | 133.896 |
| NUMERO STRINGHE (28 MODULI) | 4782 |
| NUMERO INVERTER CENTRALIZZATI (4532kVA) | 20 |

Tabella 5-1 Caratteristiche elettriche

6 CALCOLO DELLA DISTANZA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE PER I COMPONENTI IN PROGETTO

Le apparecchiature elettriche presenti in impianto, sorgenti di campo elettromagnetico, sono le seguenti:

- 1) Campo Fotovoltaico (moduli fotovoltaici);
- 2) Inverter centralizzato;
- 3) Trasformatore innalzatore BT/AT 0.63/36 KV;
- 4) Elettrodotti interrati di alta tensione (AT) tra Stazione di campo e Cabina elettrica di Interfaccia (AT);
- 5) Cabina elettrica di Interfaccia AT;
- 6) Elettrodotto interrato AT da cabina elettrica di Interfaccia AT e nuova stazione elettrica SE.

Di seguito, le analisi ed i calcoli per ciascuna sorgente.

6.1 CAMPO FOTOVOLTAICO (MODULI FV)

Il campo fotovoltaico risulta formato dall'insieme delle stringhe di moduli fotovoltaici, e dai rispettivi cavi elettrici in c.c. (tipo HIZ222-K) che conducono all'ingresso inverter di stringa.

Considerato che i moduli fotovoltaici lavorano in corrente continua, per cui la generazione di campi variabili è limitata ai soli transitori di corrente (durante la ricerca del MPP da parte dell'inverter, e durante l'accensione o lo spegnimento), peraltro di brevissima durata. Nella certificazione dei moduli fotovoltaici secondo la Norma CEI 82-8 (IEC 61215) non sono pertanto menzionate prove di compatibilità elettromagnetica poiché assolutamente irrilevanti.

Considerato che:

- ✓ Nel caso di una buona esecuzione delle opere, i cavi con diversa polarizzazione (+ e -) sono posti a contatto, con l'annullamento quasi totale dei campi magnetici statici prodotti in un punto esterno;
- ✓ I cavi relativi alle dorsali principali, ovvero gli unici che trasportano un valore di corrente significativo sono molto distanti dai confini dell'impianto (almeno 30 m);
- ✓ Le linee dati, per il monitoraggio e la trasmissione dati, sono realizzate normalmente in cavo schermato e quindi interessate da correnti di valore estremamente modesto;

si può escludere il superamento dei limiti di riferimento dei valori di campo elettromagnetico.

6.2 INVERTER CENTRALIZZATO (DC/AC)

Gli inverter sono apparecchiature che al loro interno utilizzano un trasformatore ad alta frequenza per ridurre le perdite di conversione. Essi pertanto sono costituiti per loro natura da componenti elettronici operanti ad alte frequenze.

D'altro canto il legislatore ha previsto che tali macchine, prima di essere immesse sul mercato, possiedano le necessarie certificazioni a garantirne sia l'immunità dai disturbi elettromagnetici esterni, sia le ridotte emissioni per minimizzarne l'interferenza elettromagnetica con altre apparecchiature elettroniche posizionate nelle vicinanze o con la rete elettrica stessa (via cavo).

A questo scopo gli inverter prescelti possiedono la certificazione di rispondenza alle normative di compatibilità elettromagnetica IEC 62109, IEC 61727, IEC 62116, IEC 60068, IEC 61683, IEC62271-202.

Tra gli altri aspetti queste norme riguardano:

- ✓ i livelli armonici: le direttive del gestore di rete prevedono un THD globale (non riferito al massimo della singola armonica) inferiore al 5% (inferiore all'8% citato nella norma CEI 110-10).

Gli inverter presentano un THD globale contenuto entro l'1%;

- ✓ i disturbi alle trasmissioni di segnale operate dal gestore di rete in sovrapposizione alla trasmissione di energia sulle proprie linee;
- ✓ le variazioni di tensione e frequenza. Gli effetti sulla rete di tali variazioni sono limitati dai relè di controllo della protezione di interfaccia asservita al dispositivo di interfaccia.

Tuttavia, le fluttuazioni di tensione e frequenza hanno per lo più origine dalla rete stessa; si rendono quindi necessarie finestre di taratura abbastanza ampie per evitare una continua inserzione e disinserzione dell'impianto fotovoltaico; - la componente continua immessa in rete.

La presenza del trasformatore elevatore permette di bloccare tale componente. Ad ogni modo, anche il dispositivo di interfaccia di ogni inverter interviene in presenza di componenti continue maggiori dello 0,5% della corrente nominale.

Le questioni di compatibilità elettromagnetica concernenti i buchi di tensione (fino ai 3 s in genere) sono in genere dovute al coordinamento delle protezioni effettuato dal gestore di rete locale.

6.3 TRASFORMATORE INNALZATORE BT/AT 0.63/36kV

Per le stazioni elettriche di trasformazione la principale sorgente di emissione è il trasformatore BT/AT 0.63/36kV.

Per il progetto sarà previsto un trasformatore di tipo outdoor di dimensioni pari a L 2.394x P 1.5 X H 2.44 m, ed avrà una taglia pari a 4.532kVA.

In base al DM del MATTM del 29.05.2008, cap.5.2.1, l'ampiezza delle DPA viene intesa come distanza da ciascuna delle pareti (tetto, pavimento e pareti laterali) della stazione, e va calcolata simulando una linea trifase, con cavi paralleli, percorsa dalla corrente nominale BT in uscita dal trasformatore (I) e con distanza tra le fasi pari al diametro reale (conduttore + isolante) del cavo (x) (§ 5.2.1) applicando la seguente relazione:

$$Dpa = 0.40942 * x^{0.5241} * \sqrt{I}$$

in cui:

I = corrente nominale (secondaria del trasformatore – lato BT) [A];

x = diametro reale (conduttore + isolante) dei cavi in uscita dal trasformatore – lato BT [m].

Nel caso di più cavi per ciascuna fase in uscita dal trasformatore va considerato il cavo unipolare di diametro maggiore.

Considerato che la potenza nominale (40°) del trasformatore BT/AT installato è di 4.532 kVA, la corrente nominale lato BT sarà pari a 4.377 A.

Considerando la sezione del cavo BT (tipo FG16R16 o similare) 300 mmq, con un diametro esterno del singolo conduttore 33 mm (0,033 m), risulta un diametro totale del cavo (x) = 360.0 mm (0.36 m).

Sostituendo i valori:

$$DPA = 0,40942 \cdot (0.36)^{0.5241} \cdot \sqrt{4.377} = 15,86 \text{ m}$$

Considerato che l'algoritmo proposto dal DM 29/5/2008 prevede l'arrotondamento al mezzo metro superiore, risulta una DPA=16,0m, da intendersi come distanza dal filo esterno della stazione in Skid.

6.4 ELETTRODOTTI INTERRATI DI ALTA TENSIONE (AT) TRA STAZIONE DI CAMPO E CABINA ELETTRICA DI INTERFACCIA (AT)

Tra ciascuna stazione di trasformazione e conversione BT/AT e la cabina elettrica di Interfaccia si realizzerà un collegamento in elettrodotto AT (36 kV) interrato, in cavo tipo unipolare RG16H1R12 26/45 KV o similare.

A favore di sicurezza, per contenere la caduta di tensione della linea, si prevede l'adozione di cavo con sez. 3x1x240mmq, posa a trifoglio, tamponato, schermo semiconduttivo sul conduttore, isolamento in gomma (HEPR), qualità G7 senza piombo, schermo in fili di rame rosso, con nastro di rame in contro-spirale, guaina esterna in mescola a base di PVC, qualità Rz colore rosso.

Nel caso di cavi AT, la situazione impiantistica più diffusa è rappresentata da una terna di cavi unipolari posati ad una profondità di circa 1,2÷1,8 m.

I cavi possono essere posati in piano distanziati di circa 0,15-0,25 m, ovvero a contatto in piano o ai vertici di un triangolo equilatero (posa a "trifoglio").

Per l'applicazione del par. 5.1.3 dell'Allegato al DM 29/05/08 "Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche" si deve considerare la portata di corrente in servizio normale relativa al periodo stagionale in cui essa è più elevata e, nel caso in esame di cavi a 36 kV con sezione di 240mmq, si considera un valore di corrente pari a 510 A (limite di portata per il conduttore di sezione maggiore).

Lo schema di posa in questo caso è illustrato nella Figura 5-1.

Nel calcolo, essendo il valore dell'induzione magnetica proporzionale alla corrente transitante nella linea, è stata presa in considerazione la portata massima: adottando la posa dei cavi a trifoglio ad una profondità di 1,5m e considerando una resistività termica del terreno di 1 K*m/W, il valore di portata è pari a circa 510 A, valore adottato per il calcolo.

Si è inoltre considerato la configurazione dell'elettrodotto in assenza di schermature, con il campo magnetico calcolato al suolo.

Secondo quanto riportato nel DM del MATTM del 29.05.2008, il calcolo delle fasce di rispetto può essere effettuato usando le formule della norma CEI 106-11, che prevedono l'applicazione dei modelli semplificati della norma CEI 211-4.

Pertanto, il calcolo della fascia di rispetto si può intendere in via cautelativa pari al raggio della circonferenza che rappresenta il luogo dei punti aventi induzione magnetica pari a 3 µT.

La formula da applicare per una singola terna è la seguente, in quanto si considera la posa dei conduttori a trifoglio:

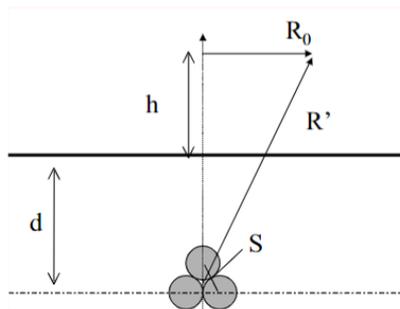


Figura 6-1 Schema di principio per il calcolo delle distanze da terne di cavi interrati con posa a trifoglio oltre le quali l'induzione magnetica è inferiore all'obiettivo di qualità (d è la profondità del centro del conduttore)

La formula da applicare è la seguente, in quanto si considera la posa dei conduttori a trifoglio:

$$R' = 0.286 \cdot \sqrt{S \cdot I} \text{ (m)}$$

Pertanto, ponendo:

$S = 0.049$ m (uguale al diametro esterno del cavo pari a 49.0 mm)

$I = 510$ A

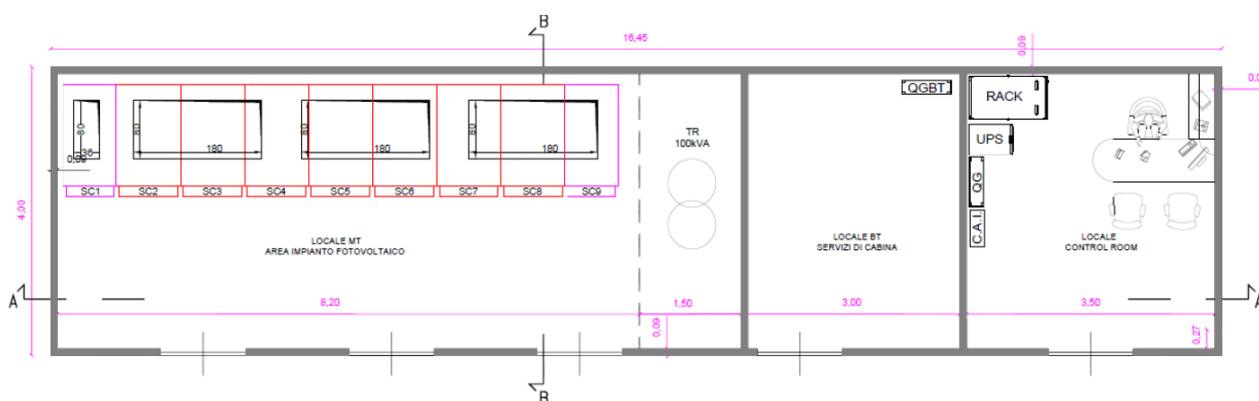
Si ottiene:

$R' = 1.43$ m

che arrotondato al metro, fornisce un valore della fascia di rispetto pari a 2 m per parte, rispetto all'asse del cavidotto. Come anticipato non si ravvisano ricettori all'interno della suddetta fascia.

6.5 CABINA D'INTERFACCIA

La cabina elettrica di Interfaccia (AT) che raccoglie l'energia elettrica proveniente dal campo (dalle stazioni di campo BT/AT) risulta del tipo "a box", realizzata con elementi prefabbricati in c.a.v. In essa sarà presente, oltre agli scomparti AT, n.1 trasformatore AT/BT (36/0.4 kV) di potenza nominale pari a 100 kVA, per consentire l'alimentazione dei servizi ausiliari all'impianto (illuminazione, prese, ventilatori, condizionamento, circuito telecamere, allarme, centralina rivelazione fumi).



Applicando la seguente formula:

$$Dpa = 0.40942 * x^{0.5241} * \sqrt{I}$$

in cui:

I = corrente nominale (secondaria del trasformatore – lato BT) [A];

x = diametro reale (conduttore+isolante) dei cavi in uscita dal trafo – lato BT [m];

Considerato che la potenza nominale del trasformatore AT/BT installato è di 100 kVA, la corrente nominale lato BT sarà pari a 160A.

Considerando la sezione del cavo BT (tipo FG16R16 o similare) 50 mmq, con un diametro esterno del singolo conduttore 16.4 mm (0,0164 m), risulta un diametro totale del cavo (x) = 82.2 mm (0.0822 m).

Sostituendo i valori:

$$DPA = 0.40942 \cdot (0.0822)^{0.5241} \cdot \sqrt{160} = 1.39 \text{ m}$$

Considerato che l'algoritmo proposto dal DM 29/5/2008 prevede l'arrotondamento al metro superiore, risulta che $DPA=2$ m, da intendersi come distanza dal filo esterno del cabinato.

6.6 ELETTRDOTTO INTERRATO AT DA CABINA ELETTRICA DI INTERFACCIA AT A NUOVA STAZIONE ELETTRICA SE 136/36KV

Dalla cabina di interfaccia, presente al perimetro dell’impianto, diparte l’elettrodotto AT (36 kV) interrato in cavo tipo RG16H1R12 26/45KV o similare, per circa 11.53 km, con il quale si realizzerà l’allacciamento alla rete Terna in antenna a 36 kV su nuova Stazione Elettrica (S.E) a 132/36 kV da inserire in entra-esce alle linee RTN a 132 kV “San Bellino – Rovigo ZI” e “Canaro – Rovigo RT”.

A favore di sicurezza, per contenere la caduta di tensione dell’elettrodotto in oggetto, si prevede l’adozione di 3 terne in cavo con sez. 3x1x500 mmq, in accordo alle norme CEI 20-13e CEI 20-16, costituito da:

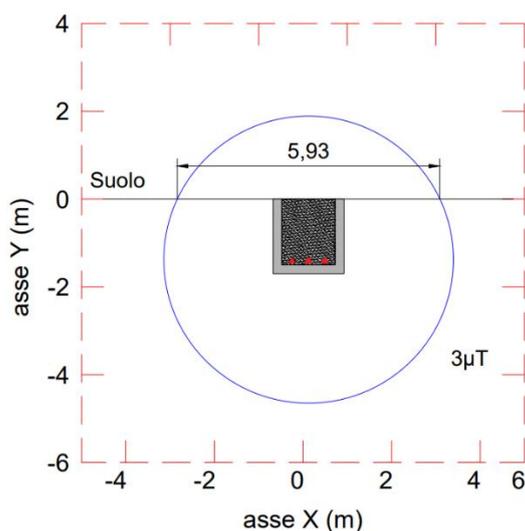
- ✓ conduttore in rame rosso, formazione rigida compatta, classe 2,
- ✓ mescola di gomma ad alto modulo G16,
- ✓ schermo metallico in fili di rame rosso con nastro di rame contospirale,
- ✓ guaina di separazione in mescola pvc, qualita R12,
- ✓ colore rosso.

Le direttive per il rispetto tra le distanze di posa minime sono state rispettate in fase di progetto come da CEI 11-27. La tipologia di cavidotti in uscita dall’impianto prevede l’utilizzo prevalente di cavi unipolari posati a trifoglio, per i quali vale quanto riportato nella norma CEI 106-11 e nella norma CEI 11-17,V2.

Per il calcolo è stato utilizzato un software (Magic by BE Shielding) utilizzando le seguenti assunzioni:

- ✓ portata dei cavi in regime permanente (cavi in rame): 735 A;
- ✓ disposizione geometrica piana delle terne; - cavi di una medesima terna a contatto;
- ✓ interasse tra le terne pari a 25 cm;
- ✓ disposizione delle fasi non ottimizzata (RST – RST– RST);
- ✓ profondità di posa a 150 cm.

In Figura 6.2 viene illustrata graficamente la curva equi-livello a 3 μ T dell’induzione magnetica generata da un cavidotto a 36 kV interrato costituito da tre terne di cavi 3x1x500mmq con i conduttori disposti a trifoglio attraversati dalla corrente nominale della sezione sopracitata, pari a 735 A.



Curva Equi-livello 3 μ T – 3 terne di cavi a 36 kV

Le analisi effettuate evidenziano che nel caso di elettrodotto realizzato con 3 terne di cavi a 36 kV, attraversati da una corrente di 735 A, pari alla portata della sezione più alta presente nell’impianto in questione, i valori di induzione magnetica calcolati a una quota di 1.5 m dal suolo sono inferiori alla soglia di 3 μ T per una distanza di circa 5,93 m a cavallo dell’asse dell’elettrodotto, tale valore corrisponde alla fascia di rispetto.

Considerato che l’algoritmo proposto dal DM 29/5/2008 prevede l’arrotondamento al metro superiore, risulta:

| N. Terne nello stesso scavo | $B \leq 3\mu T$ | DPA | Fascia di rispetto |
|-----------------------------|-----------------|-----|--------------------|
| 3 | 5.93 | 3m | 6m |

7 CONCLUSIONI

Le uniche radiazioni associabili a questo tipo di impianti sono le radiazioni non ionizzanti costituite dai campi elettrici e magnetici a bassa frequenza (50 Hz), prodotti rispettivamente dalla tensione di esercizio degli elettrodotti e dalla corrente che li percorre.

I valori di riferimento, per l'esposizione ai campi elettrici e magnetici, sono stabiliti dalla Legge n. 36 del 22/02/2001 e dal successivo DPCM 8 Luglio 2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete di 50 Hz degli elettrodotti".

In generale, per quanto riguarda il campo elettrico in alta tensione (36kV) esso è notevolmente inferiore a 5kV/m (valore imposto dalla normativa).

Mentre per quel che riguarda il campo di induzione magnetica il calcolo nelle varie sezioni di cavidotti ha dimostrato come non ci siano fattori di rischio per la salute umana a causa delle azioni di progetto, poiché è esclusa la presenza di recettori sensibili entro le fasce per le quali i valori di induzione magnetica attesa non sono inferiori agli obiettivi di qualità fissati per legge; mentre il campo elettrico generato è nullo a causa dello schermo dei cavi o assolutamente trascurabile negli altri casi per distanze superiori a qualche cm dalle parti in tensione.

Sulla base dell'analisi condotta e dei risultati emersi si può concludere quanto segue:

- ✓ I valori di campo magnetico indotto dai cavidotti interrati in AT (interni al campo) garantiscono l'obiettivo di qualità ($3 \mu\text{T}$) per una fascia di rispetto di ampiezza massima di 2 m da asse cavo;
- ✓ La Distanza di Prima Approssimazione (D.P.A.) calcolata per le stazioni di trasformazione e conversione in Skid, compresa l'approssimazione per eccesso, risulta pari a 16 m, da considerarsi dal filo esterno dello Skid. Anche in questo caso è rispettata la fascia di rispetto vista l'assenza di ricettori sensibili entro l'area D.P.A.
- ✓ Per la cabina di Interfaccia, non avendo trasformatori di grande potenza (solo uno da 100KVA) al suo interno, la DPA risulta essere pari a 2 m e così come per le stazioni di campo, la fascia di rispetto verso ricettori sensibili è rispettata.
- ✓ I valori di campo magnetico indotto dai cavidotti interrati in AT, in uscita dal campo per il collegamento alla nuova S.E., garantiscono l'obiettivo di qualità ($3 \mu\text{T}$) per una fascia di rispetto di ampiezza massima di 6 m.

L'area compresa all'interno della fascia di rispetto non comprende luoghi destinati alla permanenza di persone per più di 4 ore/giorno e sarà accessibile per esigenze di manutenzione, saltuariamente e per limitati periodi di tempo ai soli soggetti professionalmente esposti.