

**IMPIANTO DI RETE PER LA CONNESSIONE 15 KV
IMPIANTO FOTOVOLTAICO "CARBONIA-IGLESIAS"
COMUNE DI CARBONIA (CA)
LOCALITA' "ACQUAS DERETTAS"**

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

Livello prog.	Codice TICA	Tipo docum.	Codice elaborato	Tot. fogli	NOME FILE	DATA	SCALA
P.D.	235009779	REL.		1/1		Febbraio 2021	

REVISIONI

REV.	DATA		ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
00	02/2021	Emissione Progetto Definitivo	M.I.	D.T.	D.T.

PROGETTAZIONE

Manni Energy S.r.l.
Via A.Righi n°7
Verona (VR) - 37135
P.iva e C.F. 02960130231



GESTORE RETE ELETTRICA

e-distribuzione

RICHIEDENTE

RICHIEDENTE
Green Fourteen
Via A.Righi n°7
Verona (VR) - 37135
P.iva e C.F. 04724870235

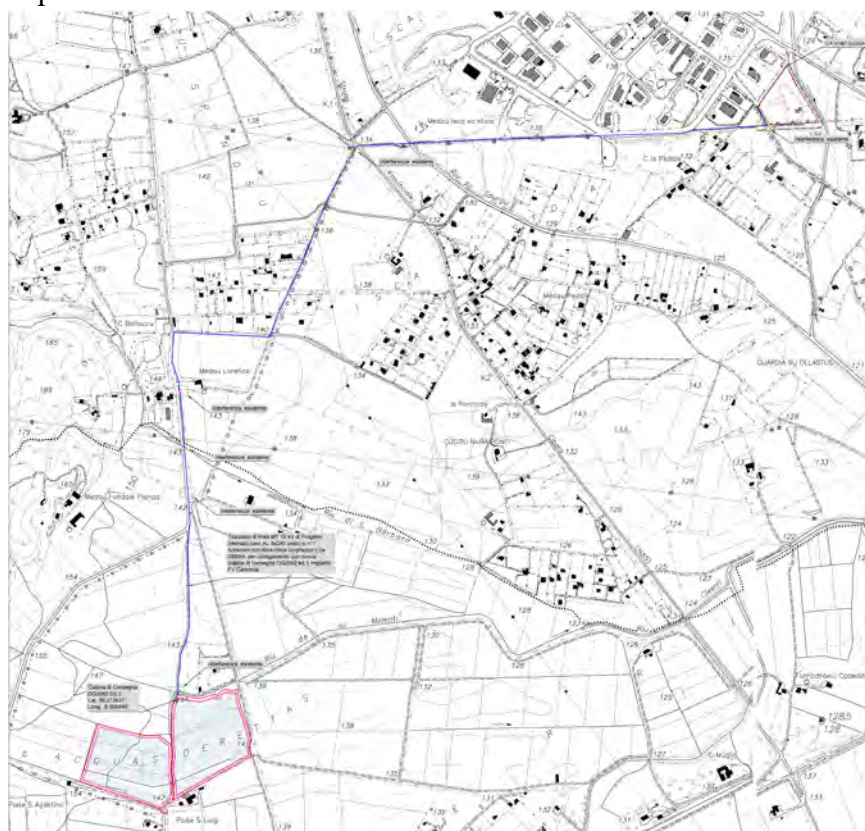
SOMMARIO

1- INTRODUZIONE	1
2- DOCUMENTI DI RIFERIMENTO E RICHIAMI NORMATIVI.....	4
3- TERMINOLOGIA	5
4- LEGISLAZIONE ITALIANA.....	5
5- NORMATIVA ITALIANA CEI	7
6- CONSIDERAZIONI GENERALI.....	8
7- ALGORITMI DI CALCOLO.....	9
8- PRINCIPIO DI CALCOLO DEL CAMPO ELETTRICO	9
9- PRINCIPIO DI CALCOLO DEL CAMPO MAGNETICO	10
10- VALORE DELLA CORRENTE UTILIZZATA NEL CALCOLO	11
11- LINEE GUIDA PER IL CALCOLO	11
12- VALUTAZIONE DEI CAMPI MAGNETICI GENERATI DAI SINGOLI COMPONENTI DELL'IMPIANTO ...	11
13- LINEE IN CAVO	11
14- ELETTRODOTTI IN CAVO INTERRATO	12
15- CONCLUSIONI.....	13
16- CABINE ELETTRICHE MT	13
17- VALUTAZIONE DEI CAMPI ELETTRICI GENERATI DAI SINGOLI COMPONENTI DELL'IMPIANTO	15
18- CONCLUSIONI.....	15

1- INTRODUZIONE

La presente relazione ha come oggetto la valutazione di impatto elettromagnetico relativa alle infrastrutture elettriche in media tensione, necessarie al collegamento di un impianto Fotovoltaico da 4900,00kW nel territorio del Comune di Carbonia (CA) in Loc. ACQUAS DERETTAS, snc, codice rintracciabilità 235009779.

La soluzione di connessione prevede l'inserimento di una nuova cabina di consegna collegata in antenna da cabina primaria AT/MT IGLESIAS 2.



Planimetria schematica delle opere da realizzarsi.

In particolare nel documento si valuterà l'intensità dei campi elettromagnetici e si individueranno, in base al DM del MATTM del 29.05.2008, le fasce di rispetto delle infrastrutture sopra dette.

La stessa intende:

- verificare i campi elettromagnetici relativamente alle opere sopra dette nel rispetto dei limiti di esposizione di cui al DPCM 8 luglio 2003 e sue modifiche e integrazioni;
- valutare l'intensità dei campi elettromagnetici ed individuare, in base al DM del MATTM del 29.05.2008, le fasce di rispetto ad esse relative.

La Cabina MT in progetto si inserisce sulla rete MT a 15kV esistente. La linea MT in progetto verrà collegata alla linea MT esistente tramite collegamento in antenna su cabina primaria AT/MT Iglesias 2.

Il presente studio si basa prevalentemente sulle informazioni e sui dati diretti ed indiretti raccolti dalla Società e dai progettisti, sulle informazioni cartografiche, sui dati reperiti presso le pubbliche autorità regionali e provinciali, su fonti bibliografiche. Lo studio è stato condotto relativamente alle seguenti strutture:

- Elettrodotti interrati a 15 kV realizzati mediante cavi a elica visibile con sezione del conduttore pari a 240 mm², con lunghezza complessiva di circa c.ca 3680m.
- Cabina di Consegna e Sezionamento (opzionale trasformazione) a 15.000V

Gli altri impianti e strutture vengono considerate “esistenti”

2- DOCUMENTI DI RIFERIMENTO E RICHIAMI NORMATIVI

- Legge n.36 del 22 febbraio 2001 Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici;
- D.P.C.M. 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 (50Hz) generati dagli elettrodotti”;
- DM del MATTM del 29.05.2008 “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”;
- DL 9 aprile 2008 n° 81 “Testo unico sulla sicurezza sul lavoro”;
- Norma CEI 0-2 “Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici”;
- Norma CEI 11-17 “Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica - Linee in cavo”;
- Norma CEI 11-60 “Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne con tensione maggiore di 100 kV”;
- Norma CEI 211-4 “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche”;
- Norma CEI 106-11 “Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6). Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo”;

- Norma CEI 106-12 “Guida pratica ai metodi di riduzione dei campi magnetici prodotti dalle cabine elettriche MT/BT”;

3- TERMINOLOGIA:

- Sorgenti di campi ELF: ci si riferisce ai campi elettrici e magnetici a bassa frequenza compresi nell'intervallo tra 0Hz e 3kHz. In particolare ci si riferisce alle linee elettriche per il trasporto e la distribuzione dell'energia elettrica e agli impianti per la trasformazione di tale energia nonché tutte quelle applicazioni alimentate a corrente elettrica di uso medico, industriale, civile e domestico.
- Campo elettrico (E): dipende principalmente dalla tensione a cui funziona la sorgente. La sua intensità viene espressa in volt per metro (V/m).
- Campo magnetico (H): dipende principalmente dalla corrente che circola nella sorgente. La sua intensità si esprime in ampere per metro (A/m)
- Induzione magnetica (B): è legata al campo magnetico H dalla permeabilità magnetica (μ) del mezzo attraverso il quale tali grandezze si propagano, si misura in Tesla (T).

4- LEGISLAZIONE ITALIANA

In materia di prevenzione dai rischi di esposizione delle lavoratrici, dei lavoratori e della popolazione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici il riferimento legislativo è costituito dalla legge quadro n. 36 del 22 febbraio 2001. La legge 36, all'art. 4 comma 2, rimanda ad un successivo decreto attuativo la definizione dei limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità, le tecniche di misurazione e rilevamento dell'inquinamento elettromagnetico.

Di fondamentale importanza risulta l'art. 3 della legge che riporta le definizioni:

- **ELETTRODOTTO:** è l'insieme delle linee elettriche, delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione;
- **ESPOSIZIONE DEI LAVORATORI E DELLE LAVORATRICI:** è ogni tipo di esposizione dei lavoratori e delle lavoratrici che, per la loro specifica attività lavorativa, sono esposti a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici;
- **ESPOSIZIONE DELLA POPOLAZIONE:** è ogni tipo di esposizione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici, ad eccezione dell'esposizione di cui alla lettera f) e di quella intenzionale per scopi diagnostici o terapeutici;
- **LIMITE DI ESPOSIZIONE:** è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, definito ai fini della tutela della salute da effetti acuti, che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione della popolazione e dei lavoratori;
- **VALORE DI ATTENZIONE:** è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, che non deve essere, superato negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate. Esso costituisce misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine e deve essere raggiunto nei tempi e nei modi previsti dalla legge;

Obiettivi di qualità sono:

- i criteri localizzativi, gli standard urbanistici, le prescrizioni e le incentivazioni per l'utilizzo delle migliori tecnologie disponibili, indicati dalle leggi regionali secondo le competenze definite dall'articolo 8;
- i valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, definiti dallo Stato secondo le previsioni di cui all'articolo 4, comma 1, lettera a), ai fini della progressiva mitigazione dell'esposizione ai campi medesimi.

Il DPCM 8 luglio 2003 attua quanto previsto dalla legge quadro riguardo alla “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 elettrodotti”. Agli articoli 3 e 4 esso stabilisce i seguenti limiti:

- Limite di esposizione: 100 μ T per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico.
- Valore di attenzione: nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, 10 μ T per l'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio dell'elettrodotto;
- Obiettivo di qualità: 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 ... (omissis)...., ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, è fissato l'obiettivo di qualità di 3 μ T per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

In base all'art. 5 le tecniche di misurazione da adottare sono quelle indicate dalla norma CEI 211-6 prima edizione e successivi aggiornamenti. Inoltre, il sistema agenziale APAT-ARPA dovrà determinare le procedure di misura e valutazione, con l'approvazione del Ministero dell'ambiente, per la determinazione del valore di induzione magnetica utile ai fini della verifica del non superamento del valore di attenzione e dell'obiettivo di qualità.

Per la verifica delle disposizioni di cui agli articoli 3 e 4, oltre alle misurazioni e determinazioni di cui sopra, il sistema agenziale APAT-ARPA può avvalersi di metodologie di calcolo basate su dati tecnici e storici dell'elettrodotto. Dal campo di applicazione del DPCM è espressamente esclusa, invece, l'applicazione dei limiti, valori di attenzione e obiettivi di qualità di cui sopra ai lavoratori esposti ai campi per ragioni professionali (art. 1 comma 2). Inoltre, in base all'art. 1 comma 3 per tutte le sezioni di impianto non incluse nella definizione di “elettrodotto” o che sono esercite con frequenze diverse dai 50 Hz, fino a 100 kHz, si applicano i limiti della raccomandazione del Consiglio dell'Unione Europea del 12 luglio 1999, pubblicata nella G.U.C.E. n. 199 del 30 luglio 1999.

Infine, il Decreto Ministeriale 29 maggio 2008 e il relativo allegato - Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti, pubblicato nella G.U. 5 LUGLIO 2008 N. 156, indica le metodologie di calcolo da adottare.

5- NORMATIVA ITALIANA CEI

La costruzione ed esercizio della centrale elettrica, così come riportato negli elaborati tecnici di progetto, sarà eseguita secondo le norme di legge e le norme tecniche del CEI nonché, per la parte di connessione alla rete, secondo le disposizioni normative di Terna e di Enel Distribuzione SpA. La valutazione dei campi elettrici e magnetici a frequenza industriale è invece argomento della Norma CEI 211-4 “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche”, dalla quale sono state tratte tutte le ipotesi di calcolo. In particolare:

- tutti i conduttori costituenti la linea (sia i conduttori attivi sia i conduttori di guardia) sono considerati rettilinei, orizzontali, di lunghezza infinita e paralleli tra di loro; in base a queste ipotesi, si trascura la componente longitudinale dell'induzione magnetica; nella realtà, i conduttori delle linee aeree suddetti si dispongono secondo una catenaria, ma la componente longitudinale non supera in genere il 10% delle altre componenti del campo, per cui l'errore che si commette, nel calcolo della risultante, è certamente inferiore, in percentuale, a questo valore;
- i conduttori sono considerati di forma cilindrica, con diametro costante. Nel caso di conduttori aerei disposti a fascio, si suppone che la distanza tra i singoli conduttori a uguale potenziale sia piccola rispetto alla distanza tra i conduttori a diverso potenziale; si suppone inoltre che i conduttori appartenenti ad un fascio siano uguali tra di loro e che, in una sezione normale del fascio, i loro centri giacciono su una circonferenza (circonferenza circoscritta al fascio); in base a queste ipotesi, si sostituisce al fascio di sub-conduttori un conduttore unico di opportuno diametro equivalente;
- il suolo è considerato piano, privo di irregolarità, perfettamente conduttore dal punto di vista elettrico, perfettamente trasparente dal punto di vista magnetico;
- si trascura l'influenza sulla distribuzione del campo dei tralicci stessi, di piloni di sostegno, degli edifici, della vegetazione e di qualunque altro oggetto che si trovi nell'area interessata, ovvero si calcola il campo imperturbato.

Le ipotesi suddette permettono di ridurre il calcolo del campo ad un problema piano, essendo, in questo caso, la distribuzione stessa uguale su qualunque sezione normale all'asse longitudinale della linea. A parità di altri fattori, l'accuratezza dei dati forniti è ovviamente tanto maggiore quanto più le condizioni reali sono aderenti a quelle sopra elencate.

La guida CEI 106-11 “Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (art. 6) – Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo” costituisce l'applicazione delle formule fornite dalla guida CEI 211-4 ai diversi tipi di elettrodotti, quindi anche interrati. A sufficiente distanza dalla terna di conduttori, la superficie su cui l'induzione assume lo stesso valore (superficie isolivello) ha con buona approssimazione la forma di un cilindro avente come asse la catenaria ideale passante per il baricentro dei conduttori. La sezione trasversale di tale cilindro è una circonferenza. Prendendo in considerazione il valore di 3 μT , si può calcolare il raggio della corrispondente circonferenza, che costituisce la fascia di rispetto.

6- CONSIDERAZIONI GENERALI

Le linee guida per la limitazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici variabili nel tempo ed ai campi elettromagnetici sono state indicate nel 1998 dalla ICNIRP.

Il 12-7-99 il Consiglio dell'Unione Europea ha emesso una Raccomandazione agli Stati Membri volta alla creazione di un quadro di protezione della popolazione dai campi elettromagnetici, che si basa sui migliori dati scientifici esistenti; a tale proposito, il Consiglio ha avallato proprio le linee guida dell'ICNIRP. Successivamente nel 2001, a seguito di una ultima analisi condotta sulla letteratura scientifica, un Comitato di esperti della Commissione Europea ha raccomandato alla CE di continuare ad adottare tali linee guida. Successivamente è intervenuta, con finalità di riordino e miglioramento della normativa allora vigente in materia, la Legge 36/2001, che ha individuato ben tre livelli di esposizione ed ha affidato allo Stato il compito di determinare e di aggiornare periodicamente i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità, in relazione agli impianti suscettibili di provocare inquinamento elettromagnetico.

L'art. 3 della Legge 36/2001 ha definito limite di esposizione il valore di campo elettromagnetico da osservare ai fini della tutela della salute da effetti acuti; ha definito il valore di attenzione, come quel valore del campo elettromagnetico da osservare quale misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine; ha definito, infine, l'obiettivo di qualità come criterio localizzativo e standard urbanistico, oltre che come valore di campo elettromagnetico ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione.

Tale legge quadro italiana (36/2001), come ricordato sempre dal citato Comitato, è stata emanata nonostante che le raccomandazioni del Consiglio della Comunità Europea del 12-7-99 sollecitassero gli Stati membri ad utilizzare le linee guida internazionali stabilite dall'ICNIRP; tutti i paesi dell'Unione Europea, hanno accettato il parere del Consiglio della CE, mentre l'Italia ha adottato misure più restrittive di quelle indicate dagli Organismi internazionali.

In esecuzione della predetta Legge, è stato infatti emanato il D.P.C.M. 8.7.2003, che ha fissato il limite di esposizione in 100 microtesla per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico; ha stabilito il valore di attenzione di 10 microtesla, a titolo di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere; ha fissato, quale obiettivo di qualità, da osservare nella progettazione di nuovi elettrodotti, il valore di 3 microtesla. È stato altresì esplicitamente chiarito che tali valori sono da intendersi come mediana di valori nell'arco delle 24 ore, in condizioni normali di esercizio. Non si deve dunque fare riferimento al valore massimo di corrente eventualmente sopportabile da parte della linea.

Si segnala come i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità stabiliti dal Legislatore italiano siano rispettivamente 10 e 33 volte più bassi di quelli internazionali.

Al riguardo è opportuno anche ricordare che, in relazione ai campi elettromagnetici, la tutela della salute viene attuata nell'intero territorio nazionale – esclusivamente attraverso il rispetto dei limiti prescritti dal D.P.C.M. 8.7.2003, al quale soltanto può farsi utile riferimento. Infatti il DM del MATTM del 29.05.2008, che definisce la metodologia di calcolo delle fasce di rispetto degli elettrodotti, riprende l'art. 6 di tale D.P.C.M.

7- ALGORITMI DI CALCOLO

I campi ELF sono quelli a frequenza inferiore a 300 Hz. La frequenza industriale di 50 Hz e' quella tipica della produzione, distribuzione e impiego dell'energia elettrica in Italia e in Europa. In questo caso si tratta più propriamente di campi elettrici e campi magnetici, poiché essi si manifestano come agenti fisici separati.

I campi ELF possono essere stimati attraverso l'utilizzo di programmi di calcolo la cui applicazione richiede la conoscenza di alcuni dati della linea elettrica.

In particolare serve conoscere:

- le caratteristiche geometriche della linea (diametro dei conduttori e loro reciproca posizione nello spazio, altezza da terra);
- le sue caratteristiche elettriche (tensione, intensità di corrente e disposizione delle fasi);
- la posizione (distanza e altezza) del punto dove devono essere valutati i campi rispetto ai conduttori della linea.

Gli algoritmi di calcolo del campo elettrico e del campo magnetico generati da una linea composta da un certo numero di conduttori attivi, si rifanno direttamente alle indicazioni della norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche" pubblicato dal Comitato Elettrotecnico Italiano nel Luglio 1996. Il modello consente di calcolare i campi ELF in qualsiasi sezione trasversale della linea, considerando l'altezza reale dei conduttori nella sezione in esame.

8- PRINCIPI DI CALCOLO DEL CAMPO ELETTRICO

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. Ovvero per ogni conduttore reale attivo andrà considerato un analogo conduttore immagine la cui posizione è speculare, rispetto al piano di terra, a quella del conduttore reale e la cui carica è opposta rispetto 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:

$$\vec{E} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 d} \vec{u}_r$$

dove:

λ = densità lineare di carica sul conduttore

ϵ_0 = permittività del vuoto

d = distanza del conduttore rettilineo dal punto di calcolo

\vec{u}_r = versore unitario con direzione radiale al conduttore

Sviluppando la relazione precedente per un insieme di N conduttori cilindrici, rettilinei, orizzontali e paralleli fra loro, e dette (x_i, y_i) le coordinate del conduttore i-esimo, le componenti x e y totali del campo elettrico prodotto

nel punto dello spazio (x, y) dall'intera configurazione di conduttori possono essere espresse attraverso le seguenti relazioni:

$$E_x = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \sum_i \lambda_i \left[\frac{x - x_i}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} - \frac{x - x_i}{(x - x_i)^2 + (y + y_i)^2} \right]$$

$$E_y = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \sum_i \lambda_i \left[\frac{y - y_i}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} - \frac{y + y_i}{(x - x_i)^2 + (y + y_i)^2} \right]$$

9- PRINCIPI DI CALCOLO DEL CAMPO MAGNETICO

L'algoritmo di calcolo dell'induzione magnetica generata da una linea ha come punto di partenza la legge di Biot-Savart che consente di calcolare in un generico punto dello spazio il valore dell'induzione magnetica B prodotta da un conduttore rettilineo per corso da una corrente I attraverso la:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I}{d} \vec{u}_I \times \vec{u}_r$$

dove:

- d è la distanza tra il conduttore e il punto di calcolo;
- i versori u_I e u_r indicano, rispettivamente, il versore della corrente e della relativa normale;
- x indica il prodotto vettoriale;

Sviluppando la relazione precedente per un insieme di N conduttori rettilinei, orizzontali e paralleli fra loro, e come precedenza dette (xi, yi) le coordinate del conduttore i-esimo, le componenti x e y totali dell'induzione magnetica generata nel punto dello spazio (x, y) dall'intera configurazione di conduttori possono essere espresse attraverso le seguenti relazioni:

$$B_y = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_i I_i \left[\frac{y_i - y}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \right]$$

$$B_x = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_i I_i \left[\frac{x - x_i}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \right]$$

Ai fini della valutazione dell'esposizione umana ai campi magnetici il parametro da considerare è il valore efficace del campo, che può essere calcolato come la radice quadrata della somma dei quadrati dei valori efficaci delle componenti:

$$B = \sqrt{B_x^2 + B_y^2}$$

Le formule approssimate della **CEI 106-11** che verranno utilizzate di seguito derivano dalle formulazioni sopra riportate.

10- VALORE DELLA CORRENTE UTILIZZATA NEL CALCOLO

Il DM 29.05.2008 impone di utilizzare per il calcolo il valore della portata in regime permanente, così come definita nella norma CEI 11-60 per le linee aeree, e nella norma CEI 11-17 per le linee in cavo.

Per queste ultime, ai fini del calcolo, non si sono considerate le correzioni dovute alle condizioni di posa, in via cautelativa. E' da notare inoltre che le correnti di utilizzo dei componenti dell'impianto esaminati sono largamente inferiori al valore di corrente utilizzato nella simulazione dei campi elettromagnetici generati, totalmente a favore della sicurezza.

11- LINEE GUIDA PER IL CALCOLO

Nel caso di linee elettriche e non, il DM del 29.05.2008 richiama il modello di calcolo normalizzato previsto dalla CEI 106-11, che si rifà a quanto riportato dalla Norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche". Tale norma considera la linea infinitamente lunga e consente di calcolare i campi elettromagnetici secondo una sezione trasversale della linea stessa, come riportato nel paragrafo "2.3: Normativa Italiana CEI".

12- VALUTAZIONE DEI CAMPI MAGNETICI GENERATI DAI SINGOLI COMPONENTI DELL'IMPIANTO

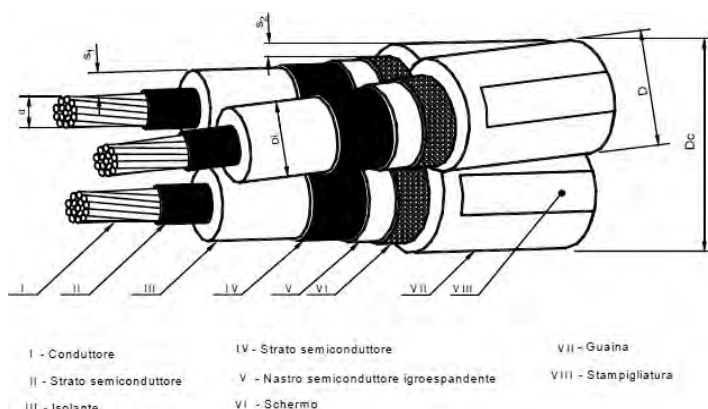
Per quanto riguarda il rispetto delle distanze da ambienti presidiati ai fini dei campi elettrici e magnetici, esse sono in linea con il dettato dell'art. 4 del DPCM 08/07/2003 di cui alla Legge. n° 36 del 22/02/2001.

Il tracciato e la collocazione delle infrastrutture elettriche è stato eseguito tenendo conto del limite di qualità dei campi magnetici, fissato dalla suddetta legislazione a 3 μ T. La disposizione delle infrastrutture sarà quella indicata nelle tavole allegate al progetto.

13- LINEE IN CAVO

Come già anticipato, i cavi previsti sono del tipo ARE4H5EX 3x(1x240) mm² MATRICOLA 332284.

La tipologia dei cavi utilizzati è riportata nell'immagine seguente:



I campi elettrici prodotti da cavi schermati sono trascurabili grazie allo schermo dei cavi posto a terra ad entrambe le estremità e in corrispondenza dei giunti e, per le tratte interrate, anche grazie all'effetto schermante del terreno stesso.

Per quanto riguarda la generazione di campi magnetici, si trova che la disposizione a trifoglio dei cavi unipolari consente di avere campi magnetici assai ridotti, grazie alla possibilità di avvicinare i cavi. Infatti i campi magnetici, interagendo tra loro, si attenuano a vicenda. Si ricorda che il valore di campo magnetico generato da un sistema elettrico trifase simmetrico ed equilibrato in un punto dello spazio è estremamente dipendente dalla distanza esistente tra gli assi dei conduttori delle tre fasi. Per assurdo, infatti, se i tre conduttori coincidessero nello spazio, il campo magnetico esterno risulterebbe nullo per qualsiasi valore della corrente circolante nei conduttori.

Infatti, come illustrato nella norma CEI 106-11, la ridotta distanza tra le fasi e la loro continua trasposizione, dovuta alla cordatura, fa sì che l'obiettivo di qualità di $3 \mu\text{T}$, anche nelle condizioni limite di conduttori di sezione maggiore e relativa "portata nominale", venga raggiunto già a brevissima distanza ($50 \div 80 \text{ cm}$) dall'asse del cavo stesso.

14- ELETTRODOTTI IN CAVO INTERRATO

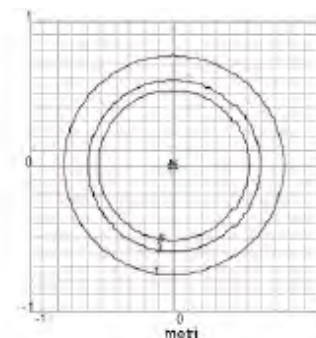
Le linee interrate sono costituite da terne trifase formate da cavi unipolari disposti a trifoglio, sistemate in apposito alloggiamento sotterraneo o direttamente interrate.

I cavi MT interrati hanno conduttore in alluminio di sezione pari a 240 mm^2 ; essi sono posati nel terreno ad una profondità minima di 1 m e disposti a trifoglio spiralato in modo da garantire la trasposizione delle fasi ed annullare gli effetti delle mutue induttanze.

Si cita di seguito quanto riportato al documento ENEL "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", il quale illustra i risultati di calcolo effettuati tramite il software "EMF TOOLS".



Fascia di rispetto per un cavo MT $3 \times 1 \times 185 \text{ mm}^2$ ad elica visibile



Curve di equilivello per il campo magnetico di una linea MT sotterranea $3 \times (1 \times 185)$ interrata in cavo elicordato (dalla Norma CEI 106-11)

Risulta evidente che la fascia di rispetto, pari a circa 70 cm , è inferiore alla profondità di posa del cavo che è pari a 1 m , pertanto già al livello del terreno risulta rispettato il valore di attenzione pari a $3 \mu\text{T}$.

La CEI 106-11 riporta, al paragrafo 7.1.1, la seguente dicitura: *“Le linee in cavo sotterraneo sia di media che di bassa tensione sono posate ad una profondità di circa 80 cm per cui già a livello del suolo sulla verticale del cavo e nelle condizioni limite di portata si determina una induzione magnetica inferiore a $3 \mu T$. Ciò significa che per questa tipologia di impianti non è necessario stabilire una fascia di rispetto in quanto l'obiettivo di qualità è rispettato ovunque”.*

Pertanto, che i campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti a media tensione interrati sono inferiori ai limiti fissati dalle leggi vigenti già a livello del terreno.

15- CONCLUSIONI

La CEI 106-11, al paragrafo 7.1.3 riporta: *“Alla luce di quanto evidenziato e tenendo conto che le considerazioni ed i calcoli sono stati condotti per le correnti ai limiti di portata nominale dei conduttori di sezione maggiore per le diverse tipologie di impianto, per tutti i cavi cordati di media e di bassa tensione, le normali distanze di rispetto prescritte dalla normativa tecnica in vigore (DM 16.01.1991) garantiscono anche il conseguimento dell'obiettivo di qualità prescritto dal DPCM 8.7.2003.”*

Si fa notare in proposito che anche il recente decreto del 29.05.2008, sulla determinazione delle fasce di rispetto, ha esentato dalla procedura di calcolo le linee MT in cavo interrato e/o aereo con cavi elicordati, in quanto le fasce associabili hanno ampiezza ridotta, inferiori alle distanze previste dal Decreto

Interministeriale n.449/88 e al decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 16 Gennaio 1991; pertanto a tali fini si ritiene valido quanto riportato nelle norme richiamate.

Alla luce di quanto evidenziato e tenendo conto che le considerazioni ed i calcoli sono stati condotti per le correnti ai limiti di portata nominale dei conduttori di sezione maggiore per le diverse tipologie di impianto, per tutti i cavi cordati di media e di bassa tensione, le normali distanze di rispetto prescritte dalla normativa tecnica in vigore (DM 16.01.1991) garantiscono anche il conseguimento dell'obiettivo di qualità prescritto dal DPCM 8.7.2003.

16- CABINE ELETTRICHE MT

Nel caso in cui il Gestore di Rete intenda alloggiare all'interno della DG2092 un Trasformatore MT/BT per l'alimentazione in derivazione di altre utenze (configurando così una cabina elettrica di trasformazione secondaria), ai sensi del paragrafo 5.2 dell'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (GU n. 156 del 5 luglio 2008), la DPA, intesa come distanza da ciascuna delle pareti (tetto, pavimento e pareti laterali) della cabina secondaria, 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) (paragrafo 5.2.1) applicando la seguente relazione:

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

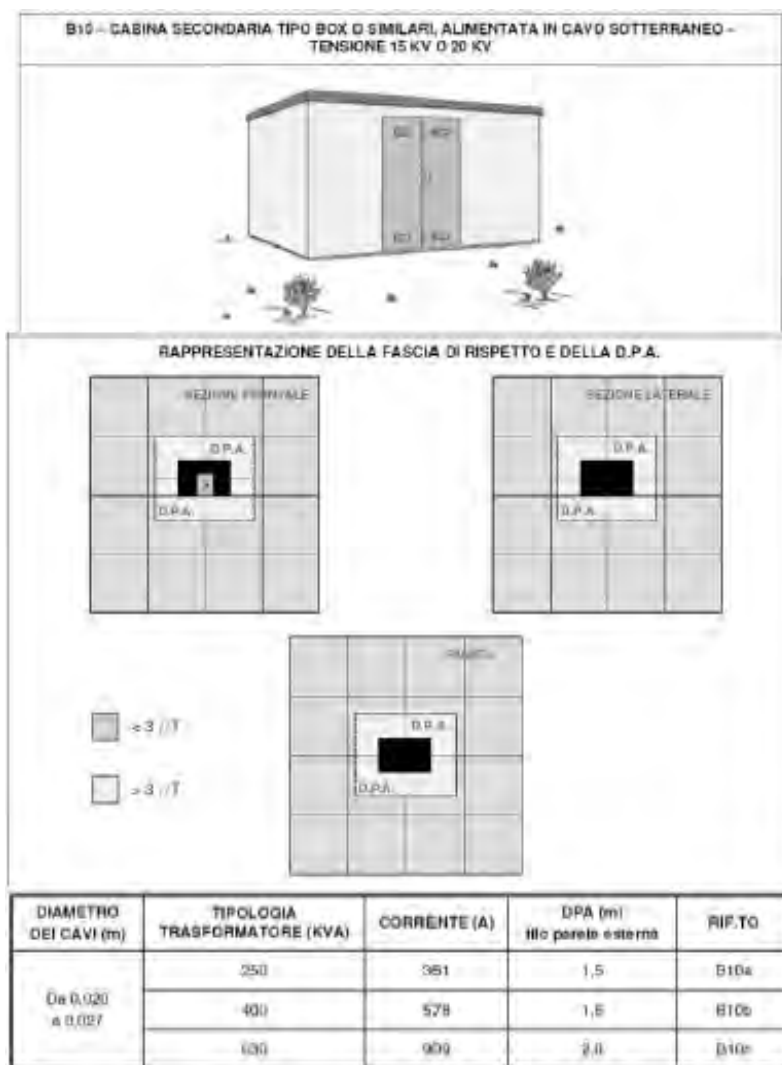
Considerando perciò per il caso “limite” di un diametro del cavo BT con sezione pari a $2 \times 240 \text{ mm}^2$, ampiamente capace di trasportare la corrente massima in uscita dal trasformatore da 630 kVA, si ha:

$$x = 0,027 \text{ m}, I = 909 \text{ A}$$

$$Dpa = 0.40942 * 0,027^{0.5241} * \sqrt{909} = 1,85 \text{ m}$$

Che arrotondata al mezzo metro superiore è pari quindi a 2 m.

Analogo valore viene riportato nel documento di ENEL “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”, ove per le cabine equipaggiate con trasformatore da 630 kVA viene indicata una distanza di 2 m da filo parete esterna, come da estratto dello stesso documento di seguito riportato. In base al decreto del 29.05.2008, **l’ampiezza della fascia di rispetto per la cabina di trasformazione “microbox” equipaggiata con un trasformatore da 630 kVA è pari quindi a 2 m dalle pareti delle cabine in questione. Nel caso in cui fosse installato un trasformatore avente potenza inferiore, ovviamente il valore indicato è estremamente cautelativo.**



17- VALUTAZIONE DEI CAMPI ELETTRICI GENERATI DAI SINGOLI COMPONENTI DELL'IMPIANTO

Il calcolo dei campi elettrici non è stato condotto in quanto i cavi in media tensione impiegati sono dotati di armatura metallica connessa a terra, che scherma totalmente l'effetto del campo elettrico: di conseguenza il campo elettrico esterno allo schermo è nullo. Per quanto riguarda invece la cabina di trasformazione, ai fini del calcolo della fascia di rispetto, si sono omesse verifiche del campo elettrico in quanto nella pratica questo determinerebbe una fascia (basata sul Limite di esposizione nonché valore di attenzione pari a 5 kV/m) che è sempre inferiore a sempre quella fornita dal calcolo dell'induzione magnetica.

18- CONCLUSIONI

I valori delle distanze di rispetto sono state stimate utilizzando il valore delle correnti nominali dei singoli componenti, anche se sarebbe stato sufficiente utilizzare la mediana di valori nell'arco delle 24 ore in condizioni normali di esercizio.

La fascia di rispetto per i singoli componenti dell'impianto, così come richiesto dal DM del MATTM del 29.05.2008, è stimata dunque come segue:

- La DPA per il cavidotto interrato MT AL 240 con cavi cordati a elica è pari 0,7 m, inferiore alla profondità di posa del cavo che è pari a 1 m, pertanto già al livello del terreno risulta rispettato il valore di attenzione pari a 3 μ T, perciò non è necessario stabilire una fascia di rispetto in quanto l'obiettivo di qualità è rispettato ovunque;
- La DPA relativa alle Cabina di trasformazione è pari a 2 m dalle pareti esterne della stessa e ricadrà nell'area nella piena disponibilità di e-distribuzione S.p.A., (atto di compravendita):
- La DPA per il cavidotto interrato di utenza è pari 0,35 m, inferiore alla profondità di posa del cavo che è pari a 1 m, pertanto già al livello del terreno risulta rispettato il valore di attenzione pari a 3 μ T, perciò non è necessario stabilire una fascia di rispetto in quanto l'obiettivo di qualità è rispettato ovunque;

Risulta inoltre che:

- Tutti i cavi MT sono schermati, quindi il campo elettrico esterno allo schermo è nullo.
- Per tutti gli altri casi, ai fini del calcolo della fascia di rispetto, si sono omesse verifiche del campo elettrico in quanto nella pratica questo determinerebbe una fascia (basata sul Limite di esposizione nonché valore di attenzione pari a 5 kV/m) che è sempre inferiore a sempre quella fornita dal calcolo dell'induzione magnetica.
- Per le linee in bassa tensione a 400V si sono omesse verifiche del campo elettrico perché già a contatto con il cavo, essendo esercito in bassa tensione, si ha un valore di campo elettrico inferiore ai limiti di legge e comunque nella pratica questo determinerebbe una fascia (basata sul Limite di esposizione nonché valore di attenzione pari a 5 kV/m) che è sempre inferiore a sempre quella fornita dal calcolo dell'induzione magnetica.

Poiché all'interno delle fasce di rispetto sopra definite non esistono recettori sensibili, cioè luoghi nei quali è prevista la presenza di persone al di sopra delle 4 ore, si può concludere che non sussistono pericoli per la salute umana.

In base alle considerazioni dei paragrafi precedenti, le opere elettriche di progetto, grazie anche alle soluzioni costruttive scelte ed alla scelta di ubicazione delle stesse, rispetteranno i limiti posti dalla L. 36/2001 e dal DPCM 8 luglio 2003.

Verona, 02/2021

Il Progettista,

