

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO A TERRA DENOMINATO "MARRUBIU" DI POTENZA 57,60 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN

COMUNE DI MARRUBIU (OR)

RELAZIONE TECNICA DI COMPATIBILITÀ ELETTROMAGNETICA DELLE OPERE DI RETE

Committente: IBERDROLA RENEVABLES ITALIA SPA

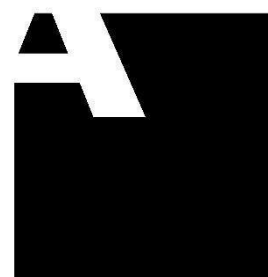


Località: COMUNE DI MARRUBIU (OR)

Cagliari, 06/2024

STUDIO ALCHEMIST

Via Isola Pantelleria 12 - 09126 Cagliari (CA)



Sommario

1. PREMESSA.....	3
2. DESCRIZIONE DELLE OPERE	3
3. RIFERIMENTI NORMATIVI	5
4. DEFINIZIONI	7
5. STRUMENTI DI CALCOLO	11
6. CALCOLO DELLE DPA.....	14
6.1 CALCOLO DELLE DPA PER LA STAZIONE DI UTENZA.....	14
6.2 CALCOLO DELLE DPA PER LA LINEA DI CONNESSIONE A 36 KV	15
7. CONCLUSIONI.....	16

1. PREMESSA

Il presente documento ha lo scopo di descrivere e analizzare i campi elettromagnetici associati alle opere di connessione alla rete di trasmissione nazionale e alla stazione di trasformazione AT/MT di un impianto di accumulo da realizzarsi nel comune di Marrubiu.

La documentazione è stata predisposta dallo studio Alchemist s.r.l., con sede in Olbia (SS) nella via Simplicio Spano n.10 alla firma dell'Ing. Stefano Floris iscritto all'albo degli ingegneri della Provincia di Cagliari al n. 5777, in qualità di Consulente Tecnico e responsabile del progetto.

Per l'allaccio alla rete di trasmissione nazionale (RTN), verrà realizzato un collegamento in antenna a 36 kV sul futuro ampliamento della stazione elettrica di trasformazione (SE) 380/150/36 kV di Oristano - Fenosu.

2. DESCRIZIONE DELLE OPERE

L'impianto verrà suddiviso in più macroaree all'interno delle quali sarà installata una cabina di trasformazione, equipaggiata con trasformatore ad isolamento in olio per esterno di adeguata potenza, per elevare la tensione di uscita dell'inverter al fine di trasferire la potenza generata di ogni macro area ad un quadro di raccolta AT, per poi essere nuovamente trasferita alla stazione elettrica di trasformazione (SE) 380/150/36 kV di Fenosu.". Si suppone che il trasferimento della potenza avverrà mediante linee in alta tensione 36kV tipo in alluminio, isolamento in gomma HEPR qualità G7, ridotto spessore di isolamento, schermo in nastro di rame e rivestimento esterno in PVC, aventi sigla RG7H1R e tensione di isolamento 30/36 kV di Tipo 3x2x630 mm².

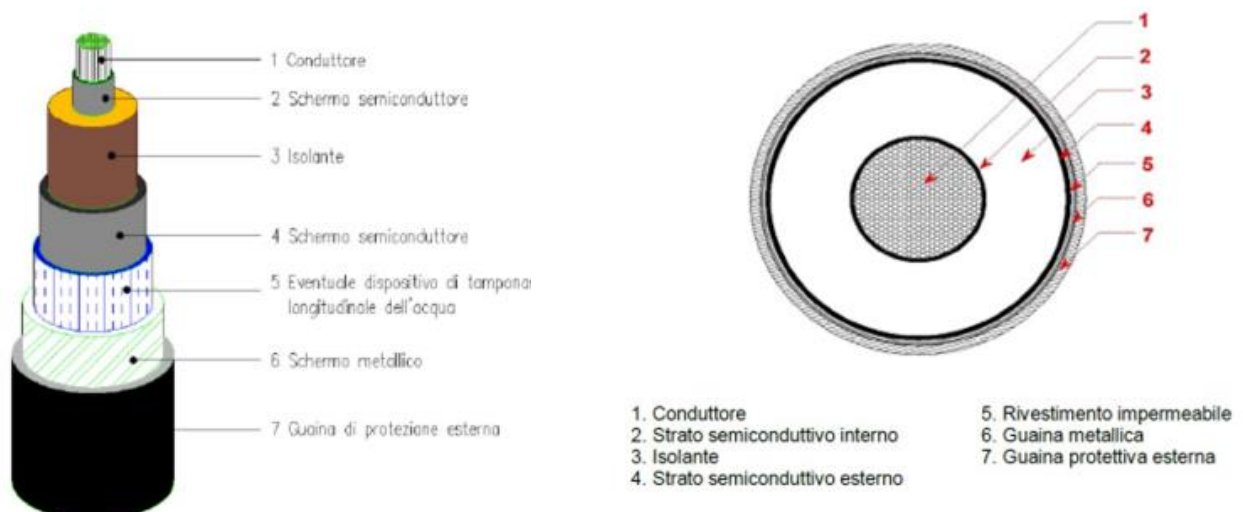


Figura 1 - Schema costitutivo di un generico cavo AT

I cavi saranno interrati ed installati in trincea ad una profondità di circa 1,8 m con posa in linea. Nello stesso scavo, oltre al cavo di potenza sarà anche posato un tri-tubo per cavi in fibra ottica 48 fibre per la trasmissione dati. Tutti i cavi saranno alloggiati in terreno di riporto e adeguatamente protetti con rete in PVC e piastra di protezione in cemento armato 6 cm.

Il percorso del cavo sarà adeguatamente segnalato con nastro monitor. La restante parte di scavo verrà riempita con materiale inerte o di riporto.

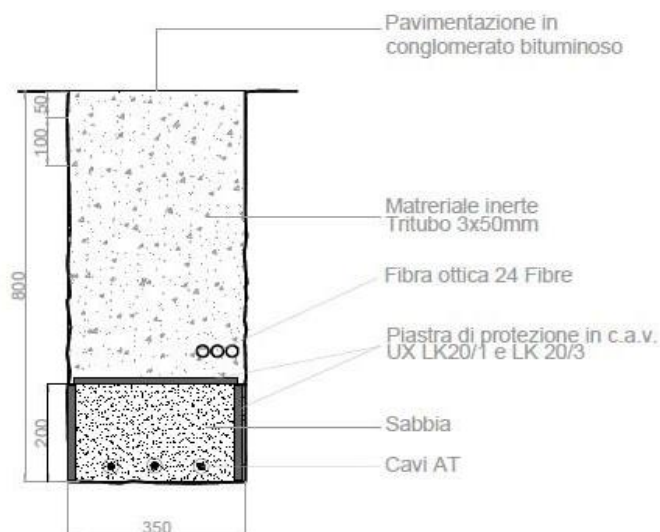


Figura 2 - schema di posa del cavo su terreno agricolo

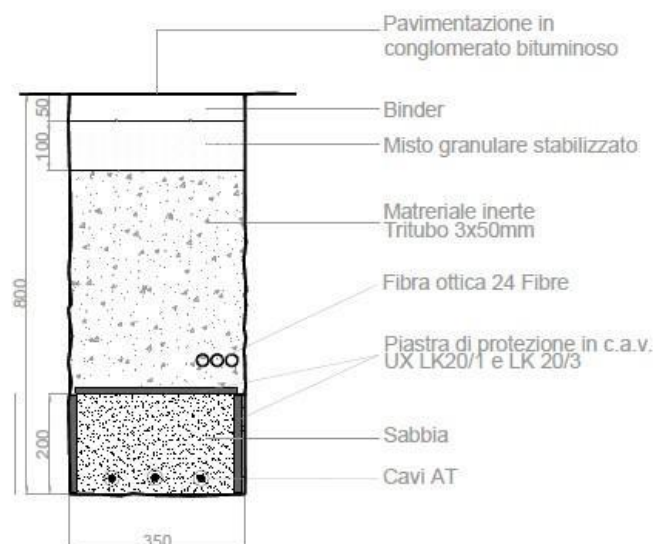


Figura 3 - schema di posa del cavo su sede stradale

3. RIFERIMENTI NORMATIVI

Si riportano le norme CEI applicabili e le principali norme, regolamenti e prescrizioni relative ai limiti di esposizione e alla misurazione dei campi elettromagnetici:

- CEI 211-4, "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche", seconda edizione, 2008-09;
- CEI 211-6, "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana", prima edizione, 2001-01;
- CEI 103-6 "Protezione delle linee di telecomunicazione dagli effetti dell'induzione elettromagnetica provocata dalle linee elettriche vicine in caso di guasto", terza edizione, 1997:12;
- CEI 304-1 Interferenza elettromagnetica prodotta da linee elettriche su tubazioni metalliche
- Identificazione dei rischi e limiti di interferenza;
- 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", prima edizione, 2006:02;
- CEI 11-4, "Esecuzione delle linee elettriche esterne", quinta edizione, 1998:09;
- CEI 11-60, "Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne", seconda edizione, 2002-06;
- CEI 11-17, per i cavi elettrici in AT;
- CEI 11-1, (CEI EN 61936-1 e CEI EN 50522);
- CEI 11-27: "Lavori su impianti elettrici".

- Legge n° 36 del 2001;
- D.P.C.M. 8 Luglio 2003; ☐ Norma CEI 211-4;
- Guida CEI 103-8;
- Norma CEI 106-11 "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del D.P.C.M. 8 Luglio 2003 (art.6), parte1: Linee aeree e in cavo";
- Supplemento ordinario alla Gazzetta Ufficiale serie generale n° 160 del 5 Luglio 2008
- Linee guida ICNIRP: Linee guida per la limitazione dell'esposizione a campi elettrici e magnetici variabili nel tempo ed a campi elettromagnetici (fino a 300 GHz).

La Legge Quadro ha demandato la definizione dei limiti di esposizione per la popolazione al decreto attuativo 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 (50 Hz) generati dagli elettrodotti".

Tabella 1: Limiti di esposizione – DPCM 8 luglio 2003		
	Intensità di campo elettrico E (kV/m)	Induzione Magnetica B (μT)
Limite di esposizione * (da non superare mai)	5 ***	100
Valore di attenzione ** (da non superare in ambienti abitativi e comunque nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a 4 ore)	-	10
Obiettivo di qualità ** (da non superare per i nuovi elettrodotti o le nuove abitazioni in prossimità di elettrodotti esistenti)	-	3
<small> Note: * Valori efficaci ** Mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio *** Il campo elettrico al suolo in prossimità di elettrodotti a tensione uguale o inferiore a 150 kV, come da misure e valutazioni, non supera mai il limite di esposizione per la popolazione di 5 kV/m. </small>		

Tabella 1 - Limiti di esposizione – DPCM 8 luglio 2003

Come indicato dalla Legge 36/2001, il limite di esposizione non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione, mentre il valore di attenzione e l'obiettivo di qualità si intendono riferiti alla mediana giornaliera dei valori in condizioni di normale esercizio. Inoltre, 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 D.P.C.M. 8 luglio 2003, all'art.6, in attuazione della Legge 36/2001 (art.4c.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 suddetta metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti prevede una procedura semplificata di valutazione con l'introduzione della 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. 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.

Detta DPA, nel rispetto dell'obiettivo di qualità di 3 μ T del campo magnetico (art. 4 del D.P.C.M. 8 luglio 2003), si applica nel caso di: - realizzazione di nuovi elettrodotti (inclusi potenziamenti) in prossimità di luoghi tutelati; - progettazione di nuovi luoghi tutelati in prossimità di elettrodotti esistenti.

4. DEFINIZIONI

- **Campo magnetico:** Il campo magnetico può essere definito come una perturbazione di una certa regione spaziale determinata dalla presenza nell'intorno di una distribuzione di corrente elettrica o di massa magnetica. Tale perturbazione si può verificare constatando che ponendo in tale regione spaziale un corpo magnetizzato, questo risulta soggetto ad una forza. L'unità di misura del campo magnetico è l'A/m. L'induzione magnetica è una grandezza vettoriale (B) che determina una forza agente sulle cariche in movimento ed è espressa in tesla (T). Nello spazio libero e nei materiali biologici l'induzione magnetica e l'intensità del campo magnetico si ricavano in base all'equazione: $1 \text{ A/m} = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T}$.
- **Campo elettrico:** Il campo elettrico può essere definito come una perturbazione di una certa regione spaziale determinata dalla presenza nell'intorno di una distribuzione di carica elettrica. Tale perturbazione si può verificare constatando che ponendo in tale regione spaziale una carica elettrica, questa risulta soggetta ad una forza. L'unità di misura del campo elettrico è il V/m.
- **Campo elettromagnetico:** Un campo elettrico variabile nel tempo genera, in direzione perpendicolare a sé stesso, un campo magnetico pure variabile che, a sua volta, influisce sul campo elettrico stesso. Questi campi concatenati determinano nello spazio la propagazione di un campo elettromagnetico. È importante la distinzione tra campo vicino e campo lontano. La differenza consiste essenzialmente nel fatto che in prossimità della sorgente irradiante, cioè in condizioni di campo vicino, il campo elettrico ed il campo magnetico assumono rapporti variabili con la distanza, mentre ad una certa distanza, cioè in campo lontano, il rapporto tra campo elettrico e campo magnetico rimane costante.
- **ELF** è la terminologia anglosassone per definire i campi elettromagnetici a frequenze estremamente basse, comprese tra 30 Hz e 300 Hz. L'esposizione a campi ELF dovuta ad una determinata sorgente è valutabile misurando separatamente l'entità del campo elettrico e del campo magnetico. Questo perché alle frequenze estremamente basse, le caratteristiche fisiche dei campi sono più simili a quelle dei campi statici, piuttosto che a quelle dei campi elettromagnetici veri e propri. I campi ELF sono quindi caratterizzati da due entità distinte: il campo elettrico, generato dalla presenza di cariche elettriche o tensioni, ed il campo magnetico, generato invece dalle correnti elettriche.
- **Intensità di corrente (J):** È definita come il flusso di corrente attraverso una sezione unitaria perpendicolare alla sua direzione in un volume conduttore quale il corpo umano o una sua parte. È espressa in ampere per metro quadro (A/m^2).

- **Intensità di campo elettrico:** È una grandezza vettoriale (E) che corrisponde alla forza esercitata su una particella carica indipendentemente dal suo movimento nello spazio. È espressa in Volt per metro (V/m).
- **Intensità di campo magnetico:** È una grandezza vettoriale (H) che, assieme all'induzione magnetica, specifica un campo magnetico in qualunque punto dello spazio. È espressa in Ampere per metro (A/m).
- **Induzione magnetica:** È una grandezza vettoriale (B) che determina una forza agente sulle cariche in movimento. È espressa in Tesla (T). Nello spazio libero e nei materiali biologici l'induzione magnetica e l'intensità del campo magnetico sono legate dall'equazione $1 \text{ A/m} = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T}$.
- **Linea:** Le linee corrispondono ai collegamenti con conduttori elettrici aerei o in cavo, delimitati da organi di manovra, che permettono di unire due o più impianti allo stesso livello di tensione. Le linee a tre o a più estremi sono sempre definite come più tronchi di linea a due stremi. Gli organi di manovra connettono tra loro componenti delle reti (es. interruttori, sezionatori, ecc.) e permettono di interrompere il passaggio di corrente.
- **Elettrodotto:** È l'insieme delle linee elettriche, delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione.
- **Tronco:** I tronchi di linea corrispondono ai collegamenti metallici che permettono di unire fra loro due impianti gestiti allo stesso livello di tensione (compresi gli allacciamenti). Si definisce tronco ALCHEMIST SRL PROGETTAZIONE: ING. STEFANO FLORIS Office: + 0705926633 Sede legale: Isola San Pietro, 3 – 090126 Cagliari energystudioalchemist@gmail.com. <https://www.studioalchemist.it> fittizio il tronco che unisce due impianti adiacenti.
- **Tratta:** La tratta è una porzione di tronco di linea, composto da una sequenza di campate contigue, avente caratteristiche omogenee di tipo elettrico, di tipo meccanico (es. tipologia del conduttore, configurazione spaziale dei conduttori sui tralicci, tratta singola, doppia, ammazzettata, ecc.) e relative alla proprietà e appartenenza alla RTN (Rete di Trasmissione Nazionale). Ad ogni variazione delle caratteristiche si individua una nuova tratta.
- **Campata:** La campata è l'elemento minimo di una linea elettrica; è sottesa tra due sostegni o tra un sostegno e un portale (ultimo sostegno già all'interno dell'impianto).

Sostegni: Il sostegno è l'elemento di supporto meccanico della linea aerea in conduttori nudi o in cavo. I sostegni, i sostegni porta terminali ed i portali possono essere costituiti da pali o tralicci.

- **Impianto:** Nell'ambito di una rete elettrica l'impianto corrisponde ad un'officina elettrica destinata, simultaneamente o separatamente, alla produzione, allo smistamento, alla regolazione e alla modifica (trasformazione e/o conversione) dell'energia elettrica transitante in modo da renderla adatta a soddisfare le richieste della successiva fase di destinazione. Gli impianti possono essere: Centrali di produzione, Stazioni elettriche, Cabine di trasformazione primarie e secondarie, Cabine Utente AT. Inoltre, rientrano in questa categoria anche quelle stazioni talvolta chiamate di Allacciamento.
- **Corrente:** Valore efficace dell'intensità di corrente elettrica.
- **Portata in corrente in servizio normale:** È la 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. Essa è definita nella norma CEI 11-60 par. 2.6 e sue successive modifiche e integrazioni.
- **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:** È lo 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. Come prescritto dall'articolo 4, comma I 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 ovvero ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore.
- **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. 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.

Esposizione: È la condizione di una persona soggetta a campi elettrici, magnetici, elettromagnetici, o a correnti di contatto, di origine artificiale.

- **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. I valori limite di esposizione per la popolazione sono invece richiamati dalla Legge Quadro, e sono stati indicati con apposito decreto D.P.C.M. 08.07.2003, che prevede il rispetto dei seguenti valori: 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 μ T per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.
- **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 della L. 36/2001; sono anche i valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, definiti dallo Stato secondo le previsioni di cui all'articolo 4, comma 1, lettera a) della medesima legge, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi medesimi.
- **Limiti di base:** Le limitazioni all'esposizione ai campi elettrici magnetici ed elettro-magnetici variabili nel tempo, che si fondano direttamente su effetti accertati sulla salute e su considerazioni di ordine biologico, sono denominate «limiti di base». In base alla frequenza del campo, le quantità fisiche impiegate per specificare tali limitazioni sono: la densità di flusso magnetico (B), la densità di corrente (J), il tasso di assorbimento specifico di energia (SAR), e la densità di potenza (S). La densità di flusso magnetico e la densità di potenza negli individui esposti possono essere misurate rapidamente.
- **Livelli di riferimento:** Questi livelli sono indicati a fini pratici di valutazione dell'esposizione in modo da determinare se siano probabili eventuali superamenti dei limiti di base. Alcuni livelli di riferimento sono derivati dai limiti di base fondamentali attraverso misurazioni e/o tecniche informatiche e alcuni livelli di riferimento si riferiscono alla percezione e agli effetti nocivi indiretti dell'esposizione ai campi

5. STRUMENTI DI CALCOLO

La norma CEI 106-11 definisce le formule per il calcolo dell'induzione magnetica prodotta da un sistema trifase di conduttori rettilinei disposti tra loro parallelamente e percorsi da una terna di correnti equilibrate e simmetriche. Successivamente dimostra che il campo magnetico nell'intorno dei cavi cordati ad elica è inferiore quanto più è piccolo il passo dell'elica. La norma CEI 211-4 fornisce, invece, le metodologie per il calcolo dei campi elettromagnetici generati dalle linee elettriche aeree ed interrate, sviluppate limitatamente a geometrie bidimensionali e applicabili a casi di interesse pratico. Questo perché il valore del campo magnetico indotto dipende dal valore di corrente elettrica che attraversa il conduttore e dal numero di terne di conduttori presenti all'interno dello scavo. Nel computo, non verranno presi in considerazione gli effetti dovuti alla presenza di eventuali linee elettriche interrate o aeree già in esercizio non facenti parte dell'impianto di progetto.

Per effettuare lo studio, sarà necessario definire le cosiddette DPA, ovvero le distanze di prima approssimazione che dovranno essere mantenute dalla sorgente emissiva. Si ricorda che, secondo quanto riportato nella "Linea Guida per l'applicazione del par. 5.1.3 dell'allegato al DM 29.5.2008", la DPA ricavata viene approssimata per eccesso al metro successivo. Nel caso degli scavi al cui interno è posata una sola terna, in accordo alla CEI 106-11 art. 6.2.3 b), la formula approssimata per il calcolo dell'induzione magnetica prodotta da conduttori unipolari disposti a trifoglio (come da scelta progettuale) è la seguente:

$$B = 0,2 \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{S \cdot I}{R^2} [\mu T]$$

nella quale S rappresenta la distanza tra le generatrici delle terne dei conduttori, I è la corrente che percorre i cavi, R è la distanza o raggio dal centro geometrico dei conduttori rispetto al quale corrisponde un valore di induzione magnetica B pari a $3 \mu T$. Dalla relazione di cui sopra si ricava dunque il valore di distanza R' che permette di definire il luogo geometrico dei punti che non rispettano l'obiettivo di qualità:

$$R' = \sqrt{(0,2 \cdot \sqrt{3} \cdot S \cdot I) / B} [m]$$

Se a R' sottraiamo la distanza di profondità di posa dei conduttori, che nel caso specifico è di circa metri 1,8 otteniamo la distanza di rispetto al di sopra del terreno.

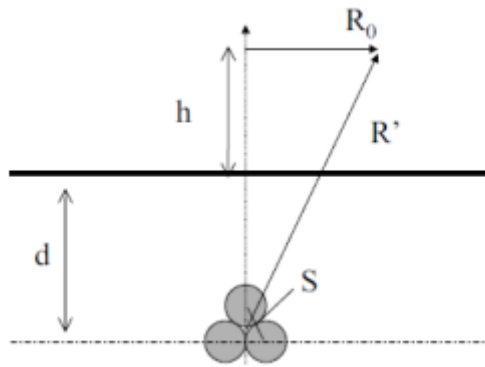


Figura 4 - illustrazione dei parametri geometrici per la definizione della DPA

Inoltre, indicando con d la profondità di posa, la formula seguente consente di calcolare la fascia di rispetto a livello del suolo R_0 , ovvero sia la distanza in orizzontale rispetto al baricentro della terna oltre la quale il valore dell'induzione magnetica a livello del suolo scende sotto i $3 \mu\text{T}$:

$$R_0 = \sqrt{0,082 \cdot S \cdot I - d^2}$$

Per la tipologia di posa interrata a doppia terna non vengono fornite formule approssimate, ritenendole non sufficientemente affidabili o comunque troppo complicate essendo molte le variabili geometriche ed elettriche che entrano in gioco. Viene consigliato di ricorrere esclusivamente al modello standardizzato previsto dalla norma CEI 211-4.

I valori di campo magnetico al suolo sono massimi nelle stesse zone di cui sopra ed in corrispondenza delle vie cavi. Tuttavia, esse variano in funzione delle correnti in gioco: con correnti sulle linee pari al valore di portata massima, in esercizio normale delle linee si hanno valori pari a qualche decina di microtesla, che si riducono a meno di $3 \mu\text{T}$ a quattro metri di distanza dalla proiezione dell'asse della linea. I valori in corrispondenza della recinzione della stazione sono notevolmente ridotti ed ampiamente sotto i limiti di legge.

A titolo orientativo, si riporta, nel seguito, il profilo di campo magnetico dovuto ad un sistema trifase con caratteristiche e disposizione dei conduttori analoghe a quelle dei condotti presenti in stazione, interessato da una corrente di 2000 A, pari alla corrente massima sopportabile dalle sbarre stesse ed estremamente conservativo rispetto alla max corrente reale pari a circa 692 A. Con conduttori percorsi da una terna trifase equilibrata di correnti di 2000 A, si ha un andamento di campo magnetico come riportato nella figura seguente:

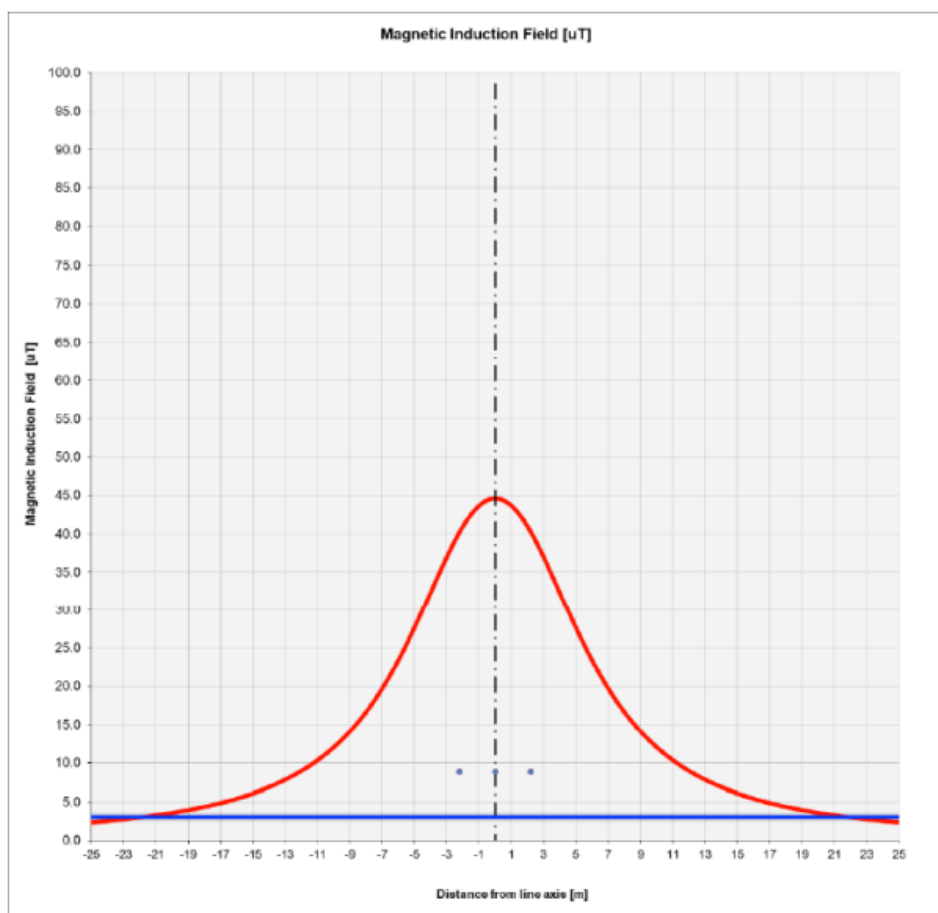


Figura 5 - andamento del campo di induzione magnetica per un valore di corrente pari a 2000 A

Dal grafico si nota come il valore dell'induzione magnetica sia inferiore a 3 μT a una distanza dall'asse del cavidotto maggiore di 22 m.

6. CALCOLO DELLE DPA

Nell'esecuzione dello studio elettromagnetico sono state calcolate le distanze di prima approssimazione (DPA) relative alla stazione di utenza e alla linea a 36 kV.

6.1 CALCOLO DELLE DPA PER LA STAZIONE DI UTENZA

Per il calcolo della DPA della stazione di utenza è stato considerato il fatto che il locale non sia assimilabile a un luogo di lavoro stabile in quanto frequentato dagli operai solo saltuariamente, quando la tensione è assente o, comunque, per meno di quattro ore al giorno. In tali condizioni, la DPA va calcolata simulando una linea trifase, con cavi paralleli, percorsa dalla corrente nominale in bassa tensione in uscita dal trasformatore (I) e con distanza tra le fasi pari al diametro reale (conduttore + isolante) del cavo (x) mediante la seguente formula di calcolo:

$$DPA = 0,40942 \cdot x^{0,5241} \cdot \sqrt{I}$$

Nel caso in esame si hanno i seguenti dati, come riportato nello schema unifilare:

- I pari a 1250 A;
- cavo a 36 kV 3x2x630 mm².

In tali condizioni, risulta una distanza di prima approssimazione di 2,23 m, ovvero 3 m, arrotondando al metro successivo. A questa distanza dalla cabina, il campo di induzione magnetica è inferiore all'obiettivo di qualità di 3 μ m imposto dalla normativa.

In merito al campo elettrico, i valori al suolo risultano massimi in corrispondenza delle apparecchiature AT 36 kV con valori attorno a qualche kV/m, ma si riducono a meno di 1 kV/m a ca. 10 m di distanza da queste ultime, come mostrato nella figura seguente:

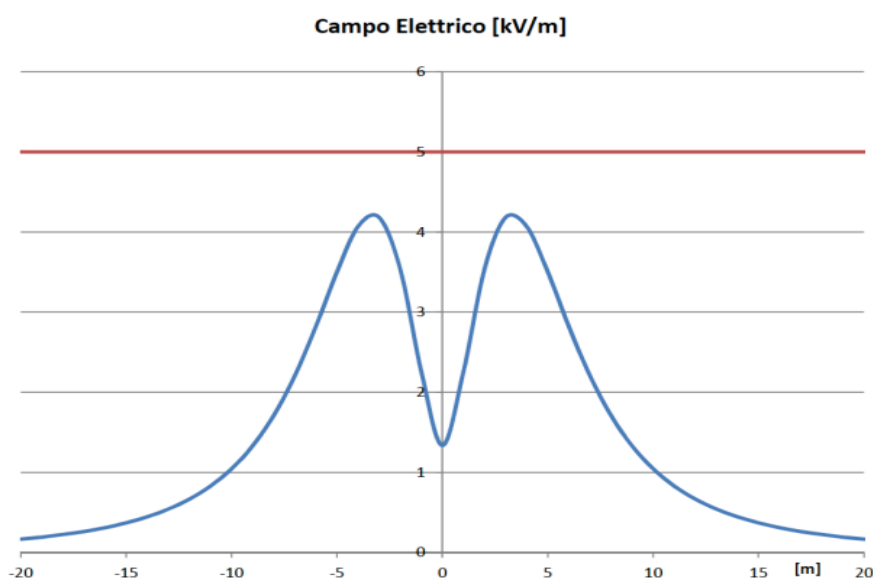


Figura 6 - andamento del campo elettrico al suolo al variare della distanza dalla sorgente

6.2 CALCOLO DELLE DPA PER LA LINEA DI CONNESSIONE A 36 KV

Per quanto riguarda la linea 36kV, supponendo l'utilizzo di cavi unipolari posati in linea interrati e con corrente pari alla portata, il calcolo dell'induzione magnetica risultante viene svolto mediante la seguente formula ai sensi della CEI 106-12:

$$B = 0,2 \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{S \cdot I}{R^2} [\mu T]$$

- I pari alla portata del cavo= 830A
- R profondità di posa pari a 1.8m
- S pari a 0.0875m;

Il valore dell'induzione magnetica a 1.8m di distanza ottenuto è pari a $6.634 \mu T$, superiore al limite di qualità imposto di $3 \mu T$. Conseguentemente, affinché venga garantito il limite di esposizione all'induzione magnetica, è prevista una fascia di rispetto di 3 m per lato rispetto al posizionamento del cavidotto.

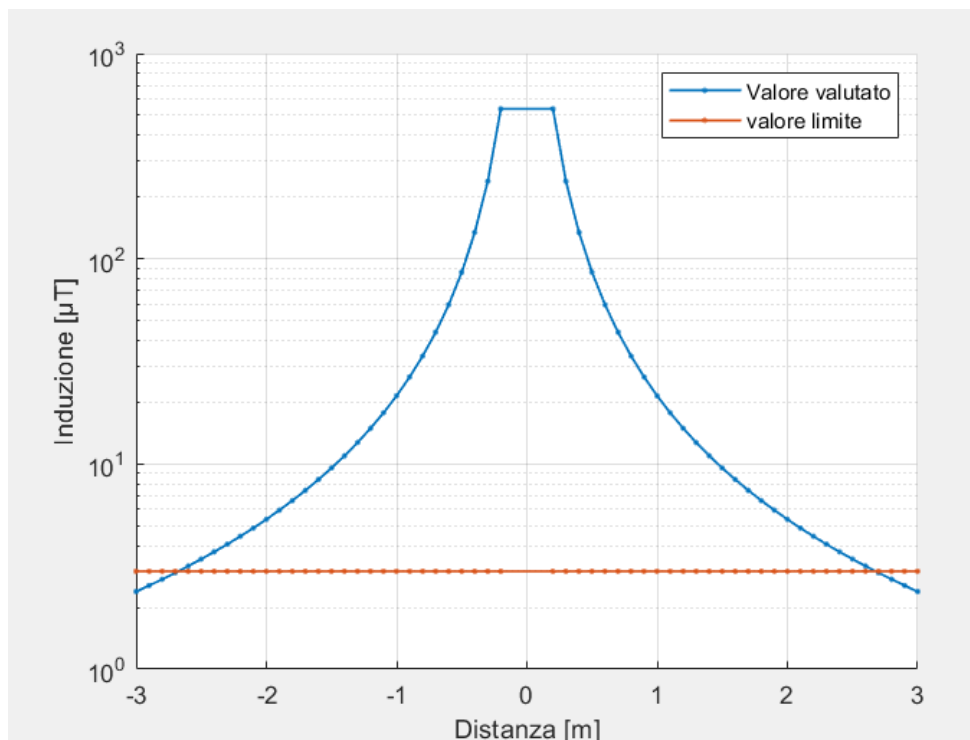


Figura 6- Andamento induzione magnetica all'aumentare della distanza dal cavidotto

7. CONCLUSIONI

Attraverso l'analisi svolta, è stato possibile definire le fasce di rispetto al di fuori delle quali vengono garantiti valori di induzione elettromagnetica all'interno delle soglie di qualità previste dal DPCM 8/07/2003.

Dall'analisi dell'induzione magnetica generata dalla linea in cavo interrato, è emerso che la distanza di prima approssimazione oltre il quale viene garantito il rispetto dell'obiettivo di qualità di $3 \mu\text{T}$ nella cabina di utenza è pari a 2 m. Per le linee AT, posate ad una profondità di 1,8 m dal piano strada, è sempre garantito il rispetto dell'obiettivo di qualità, ma si sceglie di rispettare una distanza R_0 dall'asse dell'elettrodotto pari a 1m. Questa stessa distanza è stata ottenuta nel calcolo della DPA per la linea interrata a 36 kV. Inoltre, dall'analisi dei risultati si evince che il campo elettrico generato dalla linea interrata viene interamente confinato all'interno della schermatura elettrostatica del cavo; pertanto, il rischio da esposizione a tali campi risulta trascurabile. Anche per la stazione di utenza la presenza di recettori non è stata rilevata a distanze minori di quelle della norma di legge (obiettivo di qualità).

Per le considerazioni fatte, si può affermare che le opere che costituiscono l'impianto soddisfino gli obiettivi di qualità previsti dalla normativa.

Ing. Stefano Floris

