

Impianto di produzione di energia elettrica agrivoltaico di potenza nominale pari a 71,05 MWp situato nei Comuni di Troia (FG), Lucera (FG) e Biccari (FG) e relative opere di connessione alla RTN nel Comune di Troia (FG), in provincia di Foggia

RELAZIONE SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO DELL'IMPIANTO

| | | | | | |
|---|-----------|-----------------------|--|-------------------------|---------------------------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| Nov. 2023 | 00 | Richiesta A.U. | GIORGIO MARIA RESTAINO | PATRIZIA RUBERTO | DOMENICO ANTONIO NUZZOLO |
| Data | Rev. | Descrizione Emissione | Preparato | Verificato | Approvato |
| Logo Committente e Denominazione Commerciale | | | ID Documento Committente | | |
|  <p>iren green generation Iren Green Generation Tech s.r.l.</p> | | | H004_FV_BER_00126 | | |
| Logo Appaltatore e Denominazione Commerciale | | | ID Documento Appaltatore | | |
|  <p>TENPROJECT</p> <p>sede legale e operativa San Martino Sannita (BN) Loc. Chianarile snc Area Industriale sede operativa Lucera (FG) via A. La Cava 114 P.IVA 01465940623 Azienda con sistema gestione qualità Certificato N. 50 100 11873</p> <p>Il Progettista Dott. Ing. Domenico Antonio NUZZOLO</p>  | | | SEZIONE SIA 00126_Relazione sull'impatto elettromagnetico dell'impianto | | |

Sommario

| | | |
|-----|---|----|
| 1 | Premessa..... | 3 |
| 2 | Norme e documentazione di riferimento | 4 |
| 3 | Inquadramento normativo | 5 |
| 3.1 | Obiettivo Qualità | 6 |
| 3.2 | Definizioni..... | 6 |
| 4 | Descrizione dell'impianto | 9 |
| 4.1 | Generalità | 9 |
| 4.2 | Linee di distribuzione MT | 10 |
| 4.3 | Stazione elettrica di utenza 30/150 kV | 10 |
| 4.4 | Quadri MT stazione elettrica 30 kV | 10 |
| 5 | Metodologia di calcolo del campo magnetico | 11 |
| 5.1 | Cenni teorici sul modello utilizzato..... | 11 |
| 5.2 | Metodo di calcolo | 11 |
| 6 | Metodologia di calcolo del campo elettrico | 13 |
| 6.1 | Cenni teorici | 13 |
| 7 | Linea in cavo interrato in Media Tensione (MT)..... | 14 |
| 7.1 | Determinazione dei campi magnetici | 14 |
| 7.2 | Determinazione della distanza di prima approssimazione (DPA)..... | 18 |
| 8 | Interferenze elettromagnetiche impianto fotovoltaico | 19 |
| 8.1 | Moduli FTV..... | 19 |
| 8.2 | Inverter | 19 |
| 9 | Valutazione del rischio derivante dall'esposizione dei lavoratori ai campi elettromagnetici.... | 21 |
| 9.1 | Analisi del rischio..... | 22 |
| 9.2 | Segnaletica..... | 24 |
| 9.3 | Informazione e formazione dei lavoratori | 25 |
| 9.4 | Sorveglianza sanitaria..... | 25 |
| 10 | Conclusioni | 26 |

1 Premessa

L'energia elettrica viene prodotta da ogni gruppo di moduli fotovoltaici in corrente continua e viene trasmessa agli inverter ubicati nelle cabine di campo, che provvedono alla conversione in corrente alternata. Le linee MT in cavo interrato collegano tra loro le cabine di campo, nelle quali sono ubicati i trasformatori MT/BT, e quindi proseguono alla cabina di raccolta prevista all'interno dell'area di impianto ubicata Convegna. Dalla cabina di raccolta si sviluppano tre linee 30 kV interrate per il trasferimento dell'energia alla stazione elettrica di utente 30/150 kV. Da quest'ultima una volta innalzata alla tensione di 150 kV, l'energia viene trasferita mediante un sistema di sbarre AT alla SE di Terna ubicata a Troia. La proposta progettuale presentata è stata sviluppata in modo da ottimizzare al massimo il rapporto tra le opere di progetto e il territorio, limitare al minimo gli impatti ambientali e paesaggistici e garantire la sostenibilità ambientale dell'intervento.

Il presente elaborato tecnico descrive complessivamente lo studio della propagazione del campo elettromagnetico prodotto da apparecchiature elettriche o da cavi elettrici percorsi da corrente. Le correlazioni tra campo elettrico e campo magnetico dipendono essenzialmente dalle caratteristiche delle sorgenti, dai mezzi di propagazione, dalle caratteristiche del suolo, dagli ostacoli presenti e dalle frequenze in gioco. La diffusione del campo elettromagnetico è isodirezionale ma bisogna considerare gli eventuali ostacoli che inducono riflessioni, e assorbimento del campo elettromagnetico.

| | | |
|---|--|---------------------|
|  | ID Documento Committente H004_FV_BER_00126 | Pagina 4 / 26 |
| | | Numero Revisione |
| | | 00 |

2 Norme e documentazione di riferimento

- Legge 22 febbraio 2001, n. 36 “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”.
- DPCM 8 luglio 2003 “Fissazione dei limiti di esposizione, valori di attenzione ed obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti”.
- DM 29 maggio 2008, GU n. 156 del 5 luglio 2008, “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti”.
- "Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti" APAT.
- CEI 11-17 “Impianti di produzione, trasmissione, distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo”.
- CEI 20-21 “Calcolo della portata di corrente” (IEC 60287).
- 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 I”.
- "La protezione dai campi elettromagnetici" - Edizione TNE.
- "Inquinamento elettromagnetico" - P. Bevitori et al. - Maggioli Editore.
- "La valutazione dell'inquinamento elettromagnetico" - Edizione Maggioli Editore.
- FV.TRO03.PD.5.1 _Planimetria Catastale - Stazione elettrica 30/150 kV.
- FV.TRO03.PD.5.2 _stazione elettrica MT/AT: planimetria e profilo elettromeccanico.
- FV.TRO03.PD.5.3 _stazione elettrica MT/AT edificio utente
- FV.TRO03.PD.5.9 _schema elettrico unifilare dell'impianto fotovoltaico.

3 Inquadramento normativo

In Italia, la legislazione per la protezione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici a 50 [Hz] si è basata, fino al 1992, sul rispetto delle distanze dagli elettrodotti di edifici adibiti ad abitazione o a qualunque altra attività. Il criterio su cui tali distanze erano fissate era sostanzialmente quello di evitare il rischio di scariche elettriche. Il DPCM (GU, 1992) ha stabilito i “limiti massimi di esposizione ai campi elettrici e magnetici generati alla frequenza industriale nominale di 50 [Hz] negli ambienti abitativi e negli ambienti esterni” con lo scopo di evitare possibili effetti avversi alla salute della popolazione.

Il 14 febbraio 2001 è stata approvata dal Parlamento la “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici” n° 36 che, con la sua pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale (GU, 2001) è diventata legge dello stato il 7 marzo 2001. Questa legge stabilisce i principi fondamentali diretti:

- a) Ad assicurare la tutela della salute dei lavoratori, delle lavoratrici, e della popolazione dagli effetti dell’esposizione a determinati livelli di campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici, ai sensi e nel rispetto dell’art. 32 della Costituzione;
- b) A promuovere la ricerca scientifica per la valutazione degli effetti a lungo termine e attivare misure di cautela da adottare in applicazione del principio di precauzione di cui all’articolo 174, paragrafo 2, del Trattato istitutivo dell’Unione Europea;
- c) Ad assicurare la tutela dell’ambiente e del paesaggio e promuovere l’innovazione tecnologica e le azioni di risanamento volte a minimizzare l’intensità e gli effetti dei campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici secondo le migliori tecnologie disponibili.

L’8 luglio 2003 sono stati emanati i primi due decreti attuativi della legge n° 36/2001 (GU, 2003a; GU, 2003b). Questi decreti hanno per titolo, rispettivamente, “Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 [kHz] e 300 [GHz]” e “ Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati alla frequenza di 50 [Hz] generati dagli elettrodotti”. I due decreti si riferiscono alla protezione della popolazione e adottano il principio di cautela. La legge quadro n° 36/01 introduce il principio di “fasce di rispetto” per gli elettrodotti ai fini della protezione dall’esposizione a campi elettrici e magnetici. Secondo l’art. 4, comma h), di tale legge “all’interno delle fasce di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico sanitario, ovvero ad uso che comporti la permanenza non inferiore a 4 ore”.

Sempre la stessa legge quadro all’art. 3 comma e) ed al successivo DPCM 08/07/03 allegato a), individuano l’elettrodotto come “l’insieme delle linee elettriche, delle sottostazioni e delle cabine di

trasformazione”. Si tratta delle linee elettriche aeree esterne di distribuzione, in conduttori nudi o in cavo, oppure interrate, senza alcun riferimento ai valori di tensione.

In base all’Art. 6 del DPCM 08/07/03 “per la determinazione delle fasce di rispetto si dovrà fare riferimento all’obiettivo di qualità”.

3.1 Obiettivo Qualità

Gli effetti sanitari (danno alla salute) prodotti da un campo elettrico o magnetico sulle persone si suddividono in acuti e cronici.

Gli effetti acuti (a breve termine) scompaiono al cessare dell’esposizione. Gli effetti cronici o differiti (a lungo termine) si possono manifestare dopo anni.

Gli effetti differiti (possibili tumori) sono ipotizzati (non dimostrati) solo per il campo magnetico a 50 [Hz], non per il campo elettrico.

La legge n° 36/01 ha introdotto tre riferimenti (livelli) con il significato di seguito indicato.

- Limite di esposizione (prevenzione di effetti sanitari acuti): 100 [μ T];
- Valore di attenzione (prevenzione di effetti eventuali sanitari differiti): 10 [μ T];
- Obiettivo di qualità: 3 [μ T].

L’obiettivo di qualità, pertanto, si applica ai nuovi elettrodotti e alle nuove costruzioni poste in prossimità di elettrodotti esistenti.

3.2 Definizioni

Il DPCM 08/07/03 stabilisce che per la determinazione delle fasce di rispetto si deve fare riferimento alla portata in corrente in servizio normale dell’elettrodotto, come definita dalla norma CEI 11-6 che, in particolare per gli elettrodotti con tensione non superiore a 150 [kV], deve essere dichiarata dal gestore.

Nel 2004, l’APAT - Agenzia per la Protezione dell’Ambiente e per i servizi Tecnici – ha stabilito la metodica da usarsi per la determinazione delle fasce di rispetto relative ad una o più linee elettriche aeree o interrate che insistono sulla medesima porzione di territorio. Tale metodica prevede che:

1. Il gestore considera i dati caratteristici delle linee, ivi incluse le eventuali condizioni di fase relativa tra più linee elettriche intersecanti o vicine.
2. si assume come portata in corrente circolante nelle linee la relativa “corrente in servizio normale” così come definita all’interno della norma CEI 11-6. Tale corrente viene definita dal gestore.
3. Le linee possono essere schematizzate così come prevede la norma CEI 211-4 “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche”, Cap.4.1. Il calcolo può essere eseguito secondo l’algoritmo definito al Cap.4.3;
4. Si calcolano le regioni di spazio definite dal luogo delle superfici di isocampo di induzione magnetica pari a 3 [mT] in termini di valore efficace;

5. Le proiezioni verticali al livello del suolo di suddette superfici determinano le fasce di rispetto. Le relative dimensioni espresse in metri possono essere arrotondate all'intero più vicino”.

Il DM 29 maggio 2008 pubblicato sulla G.U. n. 156 del 05/07/2008, infine, stabilisce la metodologia per il calcolo delle fasce di rispetto. In particolare, esso introduce le seguenti importanti specificazioni:

- **Portata in corrente in servizio normale delle linee elettriche aeree esterne a tensione maggiore di 100 [kV]:** è la corrente che può essere sopportata da un conduttore per il 100% del tempo con limiti accettabili in termini termici, di allungamento e rischio di scarica sugli oggetti mobili e sulle opere attraversate, e di invecchiamento. Essa è definita dalla norma CEI 11-60. In altri termini, come corrente in servizio normale si assume la massima corrente che l'elettrodotto può sopportare.
- **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, caratterizzate da una induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.
- **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.

Valgono le seguenti definizioni:

- **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 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;
- **Elettrodotto:** 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 a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici ad eccezione dell'esposizione di cui alla lettera f) e di quella intenzionale

- per scopi diagnostici o terapeutici;
- **Corrente:** Valore efficace dell'intensità di corrente elettrica;
 - **Portata in corrente in servizio normale:** Corrente che può essere sopportata da un conduttore per il 100% del tempo con limiti accettabili del rischio di scarica sugli oggetti mobili e sulle opere attraversate e dell'invecchiamento. 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:** Spazio circostante un elettrodotto, che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità;
 - **Distanza di prima approssimazione (Dpa):** Distanza in pianta, sul livello del suolo, misurata dalla proiezione del centro linea fino al limite che garantisce che ogni punto, si trovi all'esterno delle fasce di rispetto ovvero ad una distanza maggiore della *Dpa*. Per le cabine la *Dpa* è la distanza in pianta, sul livello del suolo, misurata a partire da tutte le pareti della cabina stessa, tale da garantire i requisiti di cui sopra.”

4 Descrizione dell'impianto

Il progetto proposto riguarda la realizzazione di un impianto di tipo agrivoltaico di potenza nominale pari a 71,05 MWp e potenza in immissione di 63 MW, da installarsi in provincia di Foggia, nei territori comunali di Troia, Lucera e Biccari.

Proponente dell'iniziativa è la società Iren Green Generation Tech s.r.l.

L'impianto consta di sedici campi che si sviluppano nella parte settentrionale del territorio di Troia, interessando anche le zone immediatamente limitrofe di Biccari e Lucera. Gli stessi sono collegati a mezzo di un cavidotto MT interrato che si diparte dalla cabina di raccolta presente all'interno del Campo 14 e che arriva fino alla stazione elettrica di trasformazione 30/150 kV di utenza sita alla località "Monsignore" del comune di Troia. In particolare, per la connessione alla rete RTN sarà realizzato il prolungamento del sistema sbarre in AT 150 kV, all'interno dell'esistente stazione elettrica condivisa e di trasformazione.

La viabilità locale garantisce l'accesso anche a mezzi di portata e dimensione superiore agli autoveicoli, ed in particolare l'area nord è servita dalla SP 132 e quindi da una strada locale che si interseca con quest'ultima, mentre l'area sud è servita dalla SP 125, anch'essa collegata ad una strada locale che lambisce le aree di impianto.

4.1 Generalità

I campi a frequenze estremamente basse (ELF), quali quelli che si manifestano nell'esercizio delle linee elettriche, sono quelli con frequenze fino a 300 Hz. A frequenze così basse corrispondono lunghezze d'onda in aria molto grandi (6000 km a 50 Hz e 5000 km a 60 Hz) e, in situazioni pratiche, il campo elettrico e quello magnetico agiscono in modo indipendente l'uno dall'altro e sono calcolati e misurati separatamente.

I campi magnetici sono prodotti dal moto delle cariche elettriche, cioè dalla corrente. La loro intensità si misura in ampere al metro (A/m), ma è spesso espressa in termini di una grandezza corrispondente, l'induzione magnetica, che si misura in Tesla (T), milliTesla (mT) o microTesla (μ T). I campi magnetici sono massimi vicino alla sorgente e diminuiscono con la distanza e non vengono schermati dalla maggior parte dei materiali di uso comune che ne vengono facilmente attraversati.

Le opere elettriche di impianto sulle quali rivolgere l'attenzione al fine della valutazione dell'impatto elettrico e magnetico sono di seguito descritte:

- Il cavidotto in MT di collegamento tra la cabina di campo e la cabina di raccolta 30 kV denominato "cavidotto esterno";
- Il cavidotto in MT di collegamento tra la cabina di raccolta e la stazione elettrica 30/150 kV denominato "cavidotto esterno";
- La sezione in media ed alta tensione all'interno della stazione elettrica 30/150 kV;

Le ulteriori sorgenti di campo magnetico ed elettrico (moduli fotovoltaici, inverter, trasformatori, cavi MT/BT, cabina di campo, cabina di raccolta) non saranno prese in considerazione in quanto interne all'area chiusa d'impianto, quindi non sono accessibili alle persone non autorizzate.

4.2 Linee di distribuzione MT

Le cabine di campo, tra loro connesse saranno poi collegate con la cabina di raccolta da una rete di distribuzione in cavo interrato esercita in media tensione a 30 kV, costituente il collegamento esterno. La cabina di raccolta sarà connessa alla stazione elettrica 30/150 kV di utenza attraverso una rete di distribuzione in media tensione a 30 kV, costituente il collegamento esterno.

I cavi MT utilizzati per le linee elettriche interrate saranno del tipo unipolare ARE4H5E – $U_0/U_m = 18/30$ kV – con conduttore in alluminio di sezioni 185 mm², 400 mm², 630 mm² con schermo in tubo Al, isolante XLPE, rivestimento esterno in guaina.

I cavi previsti sono destinati a sistemi elettrici di distribuzione con $U_0/U_m=18/30$ kV e tensione massima $U_m=36$ kV, sigla di designazione ARE4H5E. La sezione dei singoli cavi componenti le terne, presenta le seguenti caratteristiche dimensionali:

Table 1 - *Caratteristiche dimensionale ed elettriche dei cavi MT*

| Sezione conduttore | Diametro conduttore | Spessore Isolante | Diametro cavo | Portata al limite termico |
|--------------------|---------------------|-------------------|---------------|---------------------------|
| [mm ²] | [mm] | [mm] | [mm] | [A] |
| 3x1x185 | 15,8 | 8 | 41,4 | 364 |
| 3x1x300 | 20,8 | 8 | 47,4 | 475 |
| 3x1x400 | 26,7 | 8 | 53,9 | 618 |
| 3x1x630 | 30,5 | 8 | 58,7 | 703 |

4.3 Stazione elettrica di utenza 30/150 kV

Per la descrizione della stazione elettrica di utenza si faccia riferimento all'elaborato H004_FV_BGR_00138

4.4 Quadri MT stazione elettrica 30 kV

All'interno del locale MT saranno ubicati i quadri in MT, per la protezione ed il sezionamento delle linee elettriche in arrivo dal parco fotovoltaico e in partenza verso il trasformatore di potenza AT/MT.

5 Metodologia di calcolo del campo magnetico

5.1 Cenni teorici sul modello utilizzato

L'induzione magnetica B generata da NR conduttori filiformi, numerati da 0 a $(NR-1)$, può essere calcolata con l'espressione riportata di seguito; si fa notare che solo i conduttori reali contribuiscono al campo magnetico, perché si assume il suolo perfettamente trasparente dal punto di vista magnetico e non si considerano quindi i conduttori immagine.

$$\vec{B} = -\frac{\mu_0}{4\pi} \sum_{k=0}^{NR-1} \int_{C_k} \frac{i}{r^3} \vec{r} \times d\vec{l}$$

dove μ_0 è la permeabilità magnetica del vuoto, NR è il numero dei conduttori (nel nostro caso pari a 3), i la corrente, C_k il conduttore generico, $d\vec{l}$ un suo tratto elementare, r la distanza tra questo tratto elementare ed il punto dove si vuole calcolare il campo.

Il modello adottato (conduttori cilindrici rettilinei orizzontali indefiniti paralleli tra di loro) consente di eseguire facilmente l'integrazione e semplificare i calcoli. Indicato con Q il punto dove si vuole determinare il campo, definiamo sezione normale il piano verticale passante per Q e ortogonale ai conduttori; indichiamo quindi con P_k il punto dove il generico conduttore C_k interseca la *sezione normale*, e con I_k la corrente nel singolo conduttore (si è preso l'asse z nella direzione dei conduttori). Con queste posizioni, per l'induzione magnetica in Q si ottiene l'espressione

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_{k=0}^{NR-1} \frac{i_k \vec{z} \times (Q - P_k)}{|Q - P_k|^2}$$

La formula indica che l'induzione magnetica è inversamente proporzionale al quadrato della distanza del punto di interesse dai conduttori; esiste inoltre una proporzionalità diretta tra l'induzione e la distanza tra i singoli conduttori di ogni terna.

5.2 Metodo di calcolo

Lo studio dell'impatto elettromagnetico nel caso di linee elettriche aeree e non, si traduce nella determinazione di una fascia di rispetto. Per l'individuazione di tale fascia si deve effettuare il calcolo dell'induzione magnetica basato sulle caratteristiche geometriche, meccaniche ed elettriche della linea presa in esame. Esso deve essere eseguito secondo modelli tridimensionali o bidimensionali con l'applicazione delle condizioni espresse al paragrafo 6.1 della norma CEI 106-11.

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

- Calcolare la fascia di rispetto combinando la configurazione dei conduttori, geometrica e di fase, e la portata in corrente in servizio normale che forniscono il risultato più cautelativo sull'intero tronco;

- Proiettare al suolo verticalmente tale fascia;
- Individuare l'estensione rispetto alla proiezione del centro linea (DPA).

6 Metodologia di calcolo del campo elettrico

6.1 Cenni teorici

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

u_r = versore unitario con direzione radiale al conduttore

| | | |
|---|--|---------------------|
|  | ID Documento Committente H004_FV_BER_00126 | Pagina 14 / 26 |
| | | Numero Revisione |
| | | 00 |

7 Linea in cavo interrato in Media Tensione (MT)

7.1 Determinazione dei campi magnetici

Per la realizzazione dei cavidotti di collegamento, sono stati considerati tutti gli accorgimenti che consentono la minimizzazione degli effetti elettromagnetici sull'ambiente e sulle persone. In particolare, la scelta di operare con linee in MT interrate permette di eliminare la componente elettrica del campo, grazie all'effetto schermante del terreno; inoltre la limitata distanza tra i cavi (ulteriormente ridotta grazie all'impiego di terne cosiddette "a trifoglio") fa sì che l'induzione magnetica risulti significativa solo in prossimità dei cavi.

Le simulazioni di seguito elencate, rappresentano le condizioni peggiori del calcolo della DPA dell'intero impianto, in quanto le simulazioni sono state effettuate considerando il maggiore numero di terne e la maggiore sezione dei conduttori.

In particolare sia per il cavidotto interno che per il cavidotto esterno, come condizione peggiorativa ai fine del calcolo della DPA si sono determinate le seguenti simulazioni:

- **S1:** una terna di conduttori disposti a trifoglio di sezione 630 mm² percorsa da corrente massima pari a 703 A ed interrata ad una profondità di 1,2 m;
- **S2:** tre terne di conduttori di sezione 500 mm² disposti a trifoglio, percorse rispettivamente da corrente massima pari a 618 A ed interrate ad una profondità di 1,2 m
- **S3:** una terna di conduttori di sezione 185 mm², una terna di sezione 630 mm², una terna di sezione 500 mm², una terna di sezione 500 mm², disposti a trifoglio, percorse rispettivamente da corrente massima pari a 364 A, 703 A, 618 A, 618 A ed interrate ad una profondità di 1,2 m

Di seguito si riportano i risultati dell'analisi effettuata:

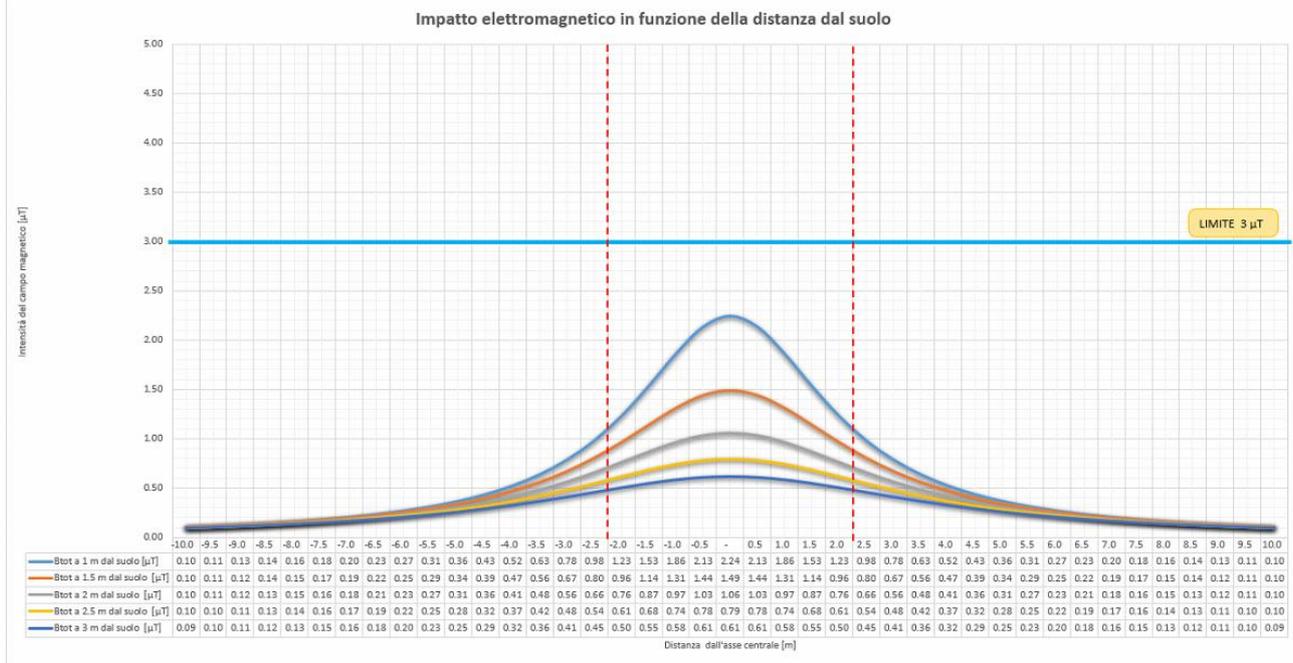


Figure 1 - andamento del campo elettromagnetico SI

| Distanza dall'asse centrale [m] | B _{tot} a 1 m dal suolo [μT] | B _{tot} a 1.5 m dal suolo [μT] | B _{tot} a 2 m dal suolo [μT] | B _{tot} a 2.5 m dal suolo [μT] | B _{tot} a 3 m dal suolo [μT] |
|---------------------------------|---------------------------------------|---|---------------------------------------|---|---------------------------------------|
| - 10.00 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.09 |
| - 9.50 | 0.11 | 0.11 | 0.11 | 0.11 | 0.10 |
| - 9.00 | 0.13 | 0.12 | 0.12 | 0.11 | 0.11 |
| - 8.50 | 0.14 | 0.14 | 0.13 | 0.13 | 0.12 |
| - 8.00 | 0.16 | 0.15 | 0.15 | 0.14 | 0.13 |
| - 7.50 | 0.18 | 0.17 | 0.16 | 0.16 | 0.15 |
| - 7.00 | 0.20 | 0.19 | 0.18 | 0.17 | 0.16 |
| - 6.50 | 0.23 | 0.22 | 0.21 | 0.19 | 0.18 |
| - 6.00 | 0.27 | 0.25 | 0.23 | 0.22 | 0.20 |
| - 5.50 | 0.31 | 0.29 | 0.27 | 0.25 | 0.23 |
| - 5.00 | 0.36 | 0.34 | 0.31 | 0.28 | 0.25 |
| - 4.50 | 0.43 | 0.39 | 0.36 | 0.32 | 0.29 |
| - 4.00 | 0.52 | 0.47 | 0.41 | 0.37 | 0.32 |
| - 3.50 | 0.63 | 0.56 | 0.48 | 0.42 | 0.36 |
| - 3.00 | 0.78 | 0.67 | 0.56 | 0.48 | 0.41 |
| - 2.50 | 0.98 | 0.80 | 0.66 | 0.54 | 0.45 |
| - 2.00 | 1.23 | 0.96 | 0.76 | 0.61 | 0.50 |
| - 1.50 | 1.53 | 1.14 | 0.87 | 0.68 | 0.55 |
| - 1.00 | 1.86 | 1.31 | 0.97 | 0.74 | 0.58 |
| - 0.50 | 2.13 | 1.44 | 1.03 | 0.78 | 0.61 |
| - | 2.24 | 1.49 | 1.06 | 0.79 | 0.61 |
| 0.50 | 2.13 | 1.44 | 1.03 | 0.78 | 0.61 |
| 1.00 | 1.86 | 1.31 | 0.97 | 0.74 | 0.58 |
| 1.50 | 1.53 | 1.14 | 0.87 | 0.68 | 0.55 |
| 2.00 | 1.23 | 0.96 | 0.76 | 0.61 | 0.50 |
| 2.50 | 0.98 | 0.80 | 0.66 | 0.54 | 0.45 |
| 3.00 | 0.78 | 0.67 | 0.56 | 0.48 | 0.41 |
| 3.50 | 0.63 | 0.56 | 0.48 | 0.42 | 0.36 |
| 4.00 | 0.52 | 0.47 | 0.41 | 0.37 | 0.32 |
| 4.50 | 0.43 | 0.39 | 0.36 | 0.32 | 0.29 |
| 5.00 | 0.36 | 0.34 | 0.31 | 0.28 | 0.25 |
| 5.50 | 0.31 | 0.29 | 0.27 | 0.25 | 0.23 |
| 6.00 | 0.27 | 0.25 | 0.23 | 0.22 | 0.20 |
| 6.50 | 0.23 | 0.22 | 0.21 | 0.19 | 0.18 |
| 7.00 | 0.20 | 0.19 | 0.18 | 0.17 | 0.16 |
| 7.50 | 0.18 | 0.17 | 0.16 | 0.16 | 0.15 |
| 8.00 | 0.16 | 0.15 | 0.15 | 0.14 | 0.13 |
| 8.50 | 0.14 | 0.14 | 0.13 | 0.13 | 0.12 |
| 9.00 | 0.13 | 0.12 | 0.12 | 0.11 | 0.11 |
| 9.50 | 0.11 | 0.11 | 0.11 | 0.10 | 0.10 |
| 10.00 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.09 |

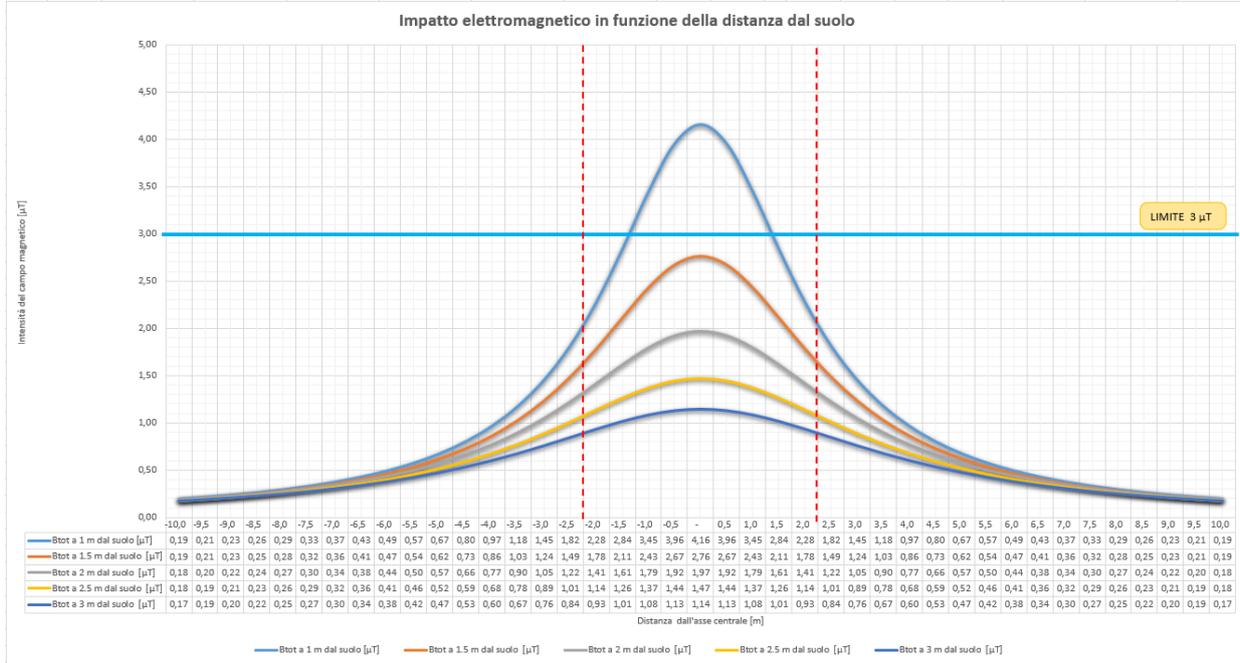


Figure 2 - andamento del campo elettromagnetico S2

| Distanza dall'asse centrale [m] | B _{tot} a 1 m dal suolo [µT] | B _{tot} a 1.5 m dal suolo [µT] | B _{tot} a 2 m dal suolo [µT] | B _{tot} a 2.5 m dal suolo [µT] | B _{tot} a 3 m dal suolo [µT] |
|---------------------------------|---------------------------------------|---|---------------------------------------|---|---------------------------------------|
| -10,00 | 0,19 | 0,21 | 0,23 | 0,25 | 0,27 |
| -9,50 | 0,21 | 0,23 | 0,25 | 0,27 | 0,29 |
| -9,00 | 0,23 | 0,25 | 0,27 | 0,29 | 0,31 |
| -8,50 | 0,25 | 0,27 | 0,29 | 0,31 | 0,33 |
| -8,00 | 0,27 | 0,29 | 0,31 | 0,33 | 0,35 |
| -7,50 | 0,29 | 0,31 | 0,33 | 0,35 | 0,37 |
| -7,00 | 0,31 | 0,33 | 0,35 | 0,37 | 0,39 |
| -6,50 | 0,33 | 0,35 | 0,37 | 0,39 | 0,41 |
| -6,00 | 0,35 | 0,37 | 0,39 | 0,41 | 0,43 |
| -5,50 | 0,37 | 0,39 | 0,41 | 0,43 | 0,45 |
| -5,00 | 0,39 | 0,41 | 0,43 | 0,45 | 0,47 |
| -4,50 | 0,41 | 0,43 | 0,45 | 0,47 | 0,49 |
| -4,00 | 0,43 | 0,45 | 0,47 | 0,49 | 0,51 |
| -3,50 | 0,45 | 0,47 | 0,49 | 0,51 | 0,53 |
| -3,00 | 0,47 | 0,49 | 0,51 | 0,53 | 0,55 |
| -2,50 | 0,49 | 0,51 | 0,53 | 0,55 | 0,57 |
| -2,00 | 0,51 | 0,53 | 0,55 | 0,57 | 0,59 |
| -1,50 | 0,53 | 0,55 | 0,57 | 0,59 | 0,61 |
| -1,00 | 0,55 | 0,57 | 0,59 | 0,61 | 0,63 |
| -0,50 | 0,57 | 0,59 | 0,61 | 0,63 | 0,65 |
| - | 0,59 | 0,61 | 0,63 | 0,65 | 0,67 |
| 0,50 | 0,61 | 0,63 | 0,65 | 0,67 | 0,69 |
| 1,00 | 0,63 | 0,65 | 0,67 | 0,69 | 0,71 |
| 1,50 | 0,65 | 0,67 | 0,69 | 0,71 | 0,73 |
| 2,00 | 0,67 | 0,69 | 0,71 | 0,73 | 0,75 |
| 2,50 | 0,69 | 0,71 | 0,73 | 0,75 | 0,77 |
| 3,00 | 0,71 | 0,73 | 0,75 | 0,77 | 0,79 |
| 3,50 | 0,73 | 0,75 | 0,77 | 0,79 | 0,81 |
| 4,00 | 0,75 | 0,77 | 0,79 | 0,81 | 0,83 |
| 4,50 | 0,77 | 0,79 | 0,81 | 0,83 | 0,85 |
| 5,00 | 0,79 | 0,81 | 0,83 | 0,85 | 0,87 |
| 5,50 | 0,81 | 0,83 | 0,85 | 0,87 | 0,89 |
| 6,00 | 0,83 | 0,85 | 0,87 | 0,89 | 0,91 |
| 6,50 | 0,85 | 0,87 | 0,89 | 0,91 | 0,93 |
| 7,00 | 0,87 | 0,89 | 0,91 | 0,93 | 0,95 |
| 7,50 | 0,89 | 0,91 | 0,93 | 0,95 | 0,97 |
| 8,00 | 0,91 | 0,93 | 0,95 | 0,97 | 0,99 |
| 8,50 | 0,93 | 0,95 | 0,97 | 0,99 | 1,01 |
| 9,00 | 0,95 | 0,97 | 0,99 | 1,01 | 1,03 |
| 9,50 | 0,97 | 0,99 | 1,01 | 1,03 | 1,05 |
| 10,00 | 0,99 | 1,01 | 1,03 | 1,05 | 1,07 |

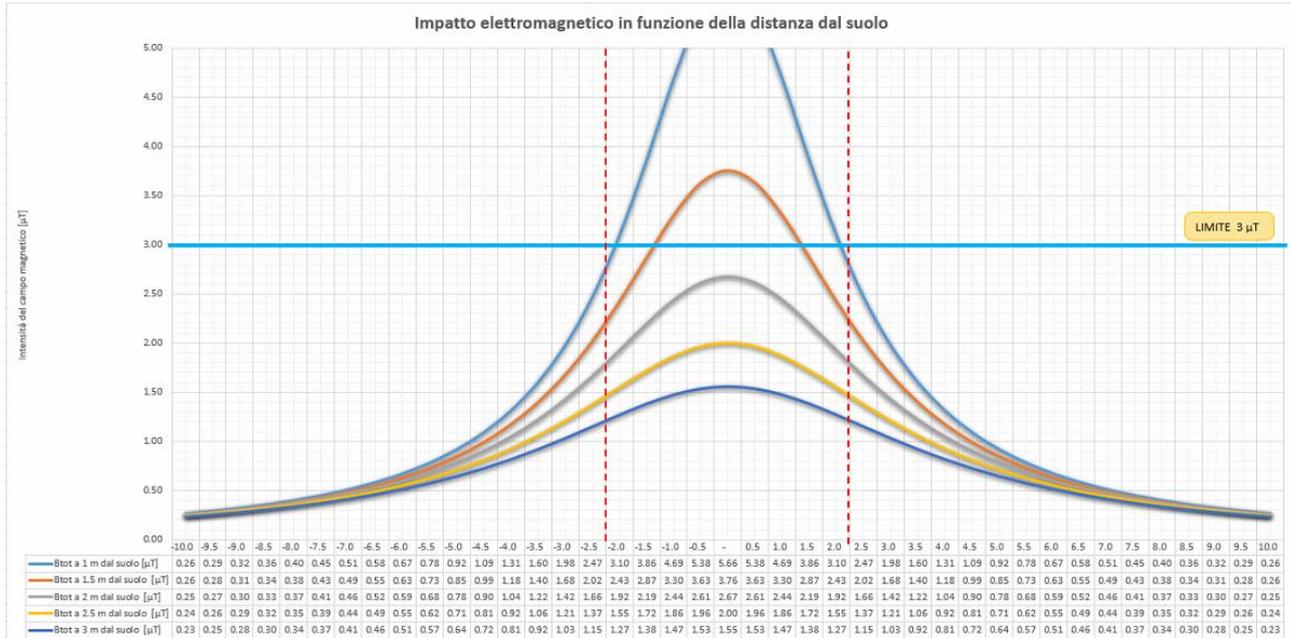


Figure 3 – andamento del campo elettromagnetico S3

| Distanza dall'asse centrale [m] | B _{tot} a 1 m dal suolo [µT] | B _{tot} a 1.5 m dal suolo [µT] | B _{tot} a 2 m dal suolo [µT] | B _{tot} a 2.5 m dal suolo [µT] | B _{tot} a 3 m dal suolo [µT] |
|---------------------------------|---------------------------------------|---|---------------------------------------|---|---------------------------------------|
| - | 10.00 | 0.26 | 0.26 | 0.25 | 0.24 |
| - | 9.50 | 0.29 | 0.28 | 0.27 | 0.26 |
| - | 9.00 | 0.32 | 0.31 | 0.30 | 0.29 |
| - | 8.50 | 0.36 | 0.34 | 0.33 | 0.32 |
| - | 8.00 | 0.40 | 0.38 | 0.37 | 0.35 |
| - | 7.50 | 0.45 | 0.43 | 0.41 | 0.39 |
| - | 7.00 | 0.51 | 0.49 | 0.46 | 0.44 |
| - | 6.50 | 0.58 | 0.55 | 0.52 | 0.49 |
| - | 6.00 | 0.67 | 0.63 | 0.59 | 0.55 |
| - | 5.50 | 0.78 | 0.73 | 0.68 | 0.62 |
| - | 5.00 | 0.92 | 0.85 | 0.78 | 0.71 |
| - | 4.50 | 1.09 | 0.99 | 0.90 | 0.81 |
| - | 4.00 | 1.31 | 1.18 | 1.04 | 0.92 |
| - | 3.50 | 1.60 | 1.40 | 1.22 | 1.06 |
| - | 3.00 | 1.98 | 1.68 | 1.42 | 1.21 |
| - | 2.50 | 2.47 | 2.02 | 1.66 | 1.37 |
| - | 2.00 | 3.10 | 2.43 | 1.92 | 1.55 |
| - | 1.50 | 3.86 | 2.87 | 2.19 | 1.72 |
| - | 1.00 | 4.69 | 3.30 | 2.44 | 1.86 |
| - | 0.50 | 5.38 | 3.63 | 2.61 | 1.96 |
| - | - | 5.66 | 3.76 | 2.67 | 2.00 |
| - | 0.50 | 5.38 | 3.63 | 2.61 | 1.96 |
| - | 1.00 | 4.69 | 3.30 | 2.44 | 1.86 |
| - | 1.50 | 3.86 | 2.87 | 2.19 | 1.72 |
| - | 2.00 | 3.10 | 2.43 | 1.92 | 1.55 |
| - | 2.50 | 2.47 | 2.02 | 1.66 | 1.37 |
| - | 3.00 | 1.98 | 1.68 | 1.42 | 1.21 |
| - | 3.50 | 1.60 | 1.40 | 1.22 | 1.06 |
| - | 4.00 | 1.31 | 1.18 | 1.04 | 0.92 |
| - | 4.50 | 1.09 | 0.99 | 0.90 | 0.81 |
| - | 5.00 | 0.92 | 0.85 | 0.78 | 0.71 |
| - | 5.50 | 0.78 | 0.73 | 0.68 | 0.62 |
| - | 6.00 | 0.67 | 0.63 | 0.59 | 0.55 |
| - | 6.50 | 0.58 | 0.55 | 0.52 | 0.49 |
| - | 7.00 | 0.51 | 0.49 | 0.46 | 0.44 |
| - | 7.50 | 0.45 | 0.43 | 0.41 | 0.39 |
| - | 8.00 | 0.40 | 0.38 | 0.37 | 0.35 |
| - | 8.50 | 0.36 | 0.34 | 0.33 | 0.32 |
| - | 9.00 | 0.32 | 0.31 | 0.30 | 0.29 |
| - | 9.50 | 0.29 | 0.28 | 0.27 | 0.26 |
| - | 10.00 | 0.26 | 0.26 | 0.25 | 0.24 |

7.2 Determinazione della distanza di prima approssimazione (DPA)

Il calcolo della DPA per i cavidotti di collegamento in MT simulati si traduce graficamente nell'individuazione di una distanza che ha origine dal punto di proiezione dall'asse del cavidotto al suolo e ha termine in un punto individuato sul suolo il cui valore del campo magnetico risulta essere uguale o inferiore ai 3 μ T. Si riportano nella seguente tabella le distanze di prima approssimazione per i tratti di cavidotto presi in esame

| CASO DI STUDIO | N° TERNE | SEZIONI [mm ²] | TIPOLOGIA CAVO | TENSIONE [kV] | DPA [m] |
|----------------|----------|-------------------------------|------------------|---------------|----------|
| S1 | 1 | 3x1x630 | Posa a trifoglio | 30 | 2 |
| S2 | 2 | 3x1x500 3x1x500 | Posa a trifoglio | 30 | 2 |
| S3 | 3 | 3x1x185 3x1x630 3x1x500 | Posa a trifoglio | 30 | 2 |

All'interno di tali aree ricadenti su strade esistenti non sono stati rinvenuti recettori sensibili.

8 Interferenze elettromagnetiche impianto fotovoltaico

8.1 Moduli FTV

I moduli foto-voltaici lavorano in corrente e tensione continue e non in corrente alternata; 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) e sono comunque di brevissima durata. Nella certificazione dei moduli fotovoltaici alla norma CEI 82-8 (IEC 61215) non sono comunque menzionate prove di compatibilità elettromagnetica, poiché assolutamente irrilevanti.

8.2 Inverter

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 (EMC) (CEI EN 50273 (CEI 95-9), CEI EN 61000-6-3 (CEI 210-65), CEI EN 61000-2-2 (CEI 110-10), CEI EN 61000-3-2 (CEI 110-31), CEI EN 61000-3-3 (CEI 110-28), CEI EN 55022 (CEI 110-5), CEI EN 55011 (CEI 110-6))

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 il 3%;
- Disturbi alle trasmissioni di segnale operate dal gestore di rete in superim-posizione alla trasmissione di energia sulle sue linee;
- Variazioni di tensione e frequenza. La propagazione in rete di queste ultime è limitata dai relè di controllo della protezione di interfaccia asservita al dispositivo di interfaccia. Le fluttuazioni di tensione e frequenze sono però causate per lo più dalla rete stessa. Si rendono quindi necessarie finestre abbastanza ampie, per evitare una continua inserzione e disinserzione dell'impianto fotovoltaico.
- La componente continua immessa in rete. Il trasformatore elevatore contribuisce a bloccare tale componente. In ogni modo il dispositivo di interfaccia di ogni inverter interviene in presenza di componenti continue maggiori dello 0,5% della corrente nominale.

| | | |
|---|---|---------------------|
|  | <p>ID Documento Committente</p> <p>H004_FV_BER_00126</p> | Pagina 20 / 26 |
| | | Numero Revisione |
| | | 00 |

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

9 Valutazione del rischio derivante dall'esposizione dei lavoratori ai campi elettromagnetici

Nell'ambito della valutazione del rischio da esposizione a campi elettromagnetici, il datore di lavoro dovrà provvedere a controllare, attraverso calcoli o misure, i livelli dei campi elettromagnetici ai quali sono esposti i lavoratori, verificando se vengono superati i valori di azione e, qualora questo avvenisse, controllando che non vengano superati i valori limite di esposizione. Nel procedere alla valutazione si dovrà tener conto dei seguenti elementi:

- Il livello, lo spettro di frequenza, la durata e il tipo di esposizione;
- I valori limite di esposizione e i valori di azione;
- Tutti gli effetti sulla salute e sulla sicurezza dei lavoratori particolarmente sensibili al rischio;
- Qualsiasi effetto indiretto quale:
 - Interferenza con attrezzature e dispositivi medici elettronici (compresistimolatori cardiaci e altri dispositivi impiantati);
 - Rischio propulsivo di oggetti ferromagnetici in campi magnetici statici con induzione magnetica superiore a 3 mT;
 - Innesco di dispositivi elettro_esplosivi (detonatori);
 - Incendi ed esplosioni dovuti all'accensione di materiali infiammabili provocata da scintille prodotte da campi indotti, correnti di contatto o scariche elettriche;
- L'esistenza di attrezzature di lavoro alternative progettate per ridurre i livelli di esposizione ai campi elettromagnetici;
- Per quanto possibile, informazioni adeguate raccolte nel corso della sorveglianza sanitaria, comprese le informazioni reperibili in pubblicazioni scientifiche;
- Sorgenti multiple di esposizione;
- Esposizione simultanea a campi di frequenze diverse.

9.1 Analisi del rischio

Il rischio dei lavoratori all'esposizione dei campi elettromagnetici appartiene alla categoria **“Rischi per la salute”**.

Il rischio viene determinato mediante la formula $R = P \times D$, (dove **P** indica la probabilità di accadimento di un determinato evento, mentre **D** indica per il danno per il lavoratore) ed è indicato in forma matriciale in figura 1, avente in ascisse la gravità del danno atteso ed in ordinate la probabilità del suo verificarsi.

| | | | | | |
|-----------------|---|-----------|---|----|----|
| P - Probabilità | 4 | 4 | 8 | 12 | 16 |
| | 3 | 3 | 6 | 9 | 12 |
| | 2 | 2 | 4 | 6 | 8 |
| | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | | D - Danno | | | |

Figure 4 - Matrice di valutazione del rischio

I rischi che possono provocare i danni più gravi occupano in tale matrice le caselle in alto a destra (probabilità elevata, danno gravissimo), quelli minori le posizioni più vicine all'origine degli assi (danno lieve, probabilità trascurabile), con tutta la serie di posizioni intermedie facilmente individuabili. Nelle successive tabelle sono descritte le scale semiquantitative della “Probabilità” **P** e del “Danno” **D** ed i criteri per l'attribuzione dei valori.

| Valore | Livello | Definizioni/criteri |
|--------|---------------------|---|
| 4 | Altamente probabile | <ul style="list-style-type: none"> Esiste una correlazione diretta tra la mancanza rilevata ed il verificarsi del danno ipotizzato per i lavoratori. Si sono già verificati danni per la stessa mancanza rilevati nel luogo di lavoro in ambienti simili o situazioni operative simili Il verificarsi del danno conseguente la mancanza rilevata non susciterebbe alcuno stupore tra gli altri lavoratori. |
| 3 | Probabile | <ul style="list-style-type: none"> La mancanza rilevata può provocare un danno, anche se non in modo automatico o diretto. E' noto qualche episodio in cui alla mancanza rilevata ha fatto seguito il danno. Il verificarsi del danno ipotizzato, susciterebbe una moderata sorpresa. |
| 2 | Poco probabile | <ul style="list-style-type: none"> La mancanza rilevata può provocare un danno al contemporaneo verificarsi di particolari condizioni. Sono noti solo rari episodi già verificatisi. Il verificarsi del danno ipotizzato susciterebbe una discreta sorpresa. |
| 1 | Improbabile | <ul style="list-style-type: none"> La mancanza rilevata può provocare un danno per concomitanza di più eventi poco probabili indipendenti. Non sono noti episodi già verificatisi. Il verificarsi del danno susciterebbe incredulità. |

| Valore | Livello | Definizioni/criteri |
|--------|------------|--|
| 4 | Gravissimo | <ul style="list-style-type: none"> Infortunio o episodio di esposizione acuta con effetti anche letali o che possono determinare una condizione di invalidità permanente. Infortuni o patologie di carattere fisico e/o psicofisico croniche con effetti totalmente invalidanti. |
| 3 | Grave | <ul style="list-style-type: none"> Infortunio o episodio di esposizione acuta con effetti di invalidità parziale. Infortuni o patologie di carattere fisico e/o psicofisico croniche con effetti parzialmente invalidanti. |
| 2 | Medio | <ul style="list-style-type: none"> Infortunio o episodio di esposizione acuta con inabilità reversibile. Infortunio o patologie di carattere fisico e/o psicofisico croniche con effetti reversibili. |
| 1 | Lieve | <ul style="list-style-type: none"> Infortunio o episodio di esposizione acuta con inabilità rapidamente reversibile. Piccoli Infortuni o patologie di carattere fisico rapidamente reversibili. |

Figure 5 - Scala delle probabilità e dell'entità

Il valore di **Probabilità** di accadimento di un determinato evento è espresso in una scala di valori da 1 a 4. L'evento che può o potrebbe determinare un **Danno** per il lavoratore è valutato in relazione alla tipologia di rischio. La classificazione del "**Danno**" che un lavoratore potrebbe subire al verificarsi di un dato evento o dovuto a criticità e carenze degli aspetti organizzativi e gestionali viene effettuata mediante una scala di valori variabili da 1 a 4.

Per la determinazione del fattore di rischio il datore di lavoro, al termine della realizzazione dell'impianto fotovoltaico, dovrà redigere un Documentazione di Valutazione del Rischio che tenga conto dei rischi dell'esposizione dei lavoratori agli agenti fisici tra cui quelli dovuti ai campi elettrici e magnetici. Tale valutazione dovrà essere eseguita attraverso misurazioni in campo.

Di seguito una tabella riassuntiva dei luoghi di lavoro, tipologia di lavoratori e valori di campi magnetici ed elettrici entro il metro di distanza dalla sorgente (area di lavoro).

| | | |
|---|--|---------------------|
|  | ID Documento Committente H004_FV_BER_00126 | Pagina 24 / 26 |
| | | Numero Revisione |
| | | 00 |

| Luogo di lavoro | Tipologia di lavoratori | Campo Magnetico | Campo Elettrico | Fattore di rischio |
|------------------------------|---|-----------------|-----------------|--------------------|
| Cavidotto interno MT caso S1 | Operai e tecnici per Manutenzione ordinaria e straordinaria | < 3 μ T | Assente | 4 |
| Cavidotto interno MT caso S2 | | < 3 μ T | Assente | 4 |
| Cavidotto interno MT caso S3 | | < 3 μ T | Assente | 4 |

Figure 6 - Valutazione del rischio

I campi magnetici all'interno del campo FTV non superano mai i valori limite espressi nella citata normativa

A seguito della valutazione dei rischi di cui all'articolo 210, qualora risulti che i valori di azione di cui all'articolo 208 sono superati, il datore di lavoro, a meno che la valutazione effettuata a norma dell'articolo 209, comma 2, dimostri che i valori limite di esposizione non sono superati e che possono essere esclusi rischi relativi alla sicurezza, elabora ed applica un programma d'azione che comprenda misure tecniche e organizzative intese a prevenire esposizioni superiori ai valori limite di esposizione, tenendo conto in particolare:

- Di altri metodi di lavoro che implicano una minore esposizione ai campi elettromagnetici;
- Della scelta di attrezzature che emettano campi elettromagnetici di intensità inferiore, tenuto conto del lavoro da svolgere;
- Delle misure tecniche per ridurre l'emissione dei campi elettromagnetici, incluse necessario l'uso di dispositivi di sicurezza, schermature o di analoghi meccanismi di protezione della salute;
- Degli appropriati programmi di manutenzione delle attrezzature di lavoro, dei luoghi e delle postazioni di lavoro;
- Della progettazione e della struttura dei luoghi e delle postazioni di lavoro;
- Della limitazione della durata e dell'intensità dell'esposizione;
- Della disponibilità di adeguati dispositivi di protezione individuali.

Fermo restando che in nessun caso i lavoratori devono essere esposti a valori superiori ai valori limite di esposizione, se questi risultino superati, il datore di lavoro adotta misure immediate per riportare l'esposizione al disotto dei lavori limite di esposizione, individua le cause del superamento dei valori limite di esposizione e adegua di conseguenza le misure di protezione e prevenzione per evitare un nuovo superamento.

9.2 Segnaletica

I luoghi di lavoro dove i lavoratori, in base alla valutazione del rischio, possono essere esposti a

campi elettromagnetici che superano i valori di azione devono essere indicati con un'apposita segnaletica. Se il datore di lavoro dimostra che i valori limite di esposizione non sono superati e che possono essere esclusi rischi alla sicurezza, tale obbligo non sussiste. Dette aree sono inoltre identificate e l'accesso alle stesse è limitato, laddove ciò sia tecnicamente possibile e sussista il rischio di superamento dei valori di esposizione.

9.3 Informazione e formazione dei lavoratori

Il datore di lavoro provvede affinché i lavoratori esposti a rischi derivanti da campi elettrici e magnetici sul luogo di lavoro e i loro rappresentanti vengano informati e formati in relazione al risultato della valutazione dei rischi di cui all'articolo 209 con particolare riguardo:

- All'entità e al significato dei valori limite di esposizione e dei valori di azione di cui all'articolo 208, nonché ai potenziali rischi associati;
- Ai risultati della valutazione, misurazione o calcolo dei livelli di esposizione ai campi elettromagnetici;
- Alle modalità per individuare e segnalare gli effetti negativi dell'esposizione della salute;
- Alle circostanze nelle quali i lavoratori hanno diritto a una sorveglianza sanitaria e agli obbiettivi della stessa;
- Alle procedure di lavoro sicure per ridurre al minimo i rischi derivanti dall'esposizione.

9.4 Sorveglianza sanitaria

Sono sottoposti a sorveglianza sanitaria i lavoratori per i quali è stata rilevata un'esposizione superiore ai valori limite di cui all'articolo 208, comma 1. La sorveglianza sanitaria viene effettuata periodicamente, di norma una volta l'anno. Tenuto conto dei risultati della valutazione dei rischi, il medico competente può effettuarla con periodicità inferiore con particolare riguardo ai lavoratori particolarmente sensibili al rischio.

Rivelato in un lavoratore l'esistenza di un danno alla salute (l'effetto biologico è al di fuori dell'intervallo in cui l'organismo può normalmente compensarlo e ciò porta a qualche condizione di detrimento della salute) il medico competente ne informa il datore di lavoro che procede ad effettuare una nuova valutazione del rischio a norma dell'articolo 209.

| | | |
|---|--|---------------------|
|  | ID Documento Committente H004_FV_BER_00126 | Pagina 26 / 26 |
| | | Numero Revisione |
| | | 00 |

10 Conclusioni

La presente relazione tecnica è stata redatta al fine di valutare l'impatto elettromagnetico a bassa frequenza generato dagli impianti elettrici funzionali di futura realizzazione relativi ad un impianto di produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica.

Nel rispetto delle vigenti normative in materia (Legge quadro n. 36 /2001, D.P.C.M. 8 luglio 2003, D.M. 29 maggio 2008 e Direttiva 2004/40/CE) e dopo aver applicato le norme tecniche per la valutazione dei campi magnetici generati da linee elettriche si evince che le DPA ipotizzate permettono di mantenere i valori del campo magnetico sempre al di sotto dei valori soglia espressi nella normativa.