

Regione
Emilia Romagna



Provincia di
Ferrara



Comune di
Ferrara



PARCO FOTOVOLTAICO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN DI POTENZA PARI A 7,1 MW_p NEL COMUNE DI FERRARA (FE).

PROGETTISTA INCARICATO:
Ing. Giovanni Cis
Tel. 3190737323
Pec: giovanni.cis@ingpec.eu



Scala

n.d.

Formato

A4

Titolo elaborato:

Relazione di compatibilità
elettromagnetica

TECNICI COINVOLTI

Studio idraulico e ambientale:

Dott. Ing. Gustavo Bernagozzi
Via Galilei, 23 - Ferrara
gustavo@bernagozzi-ingegneria.it

Studio impatto acustico:

Dott. Ing. Gustavo Bernagozzi
Via Galilei, 23 - Ferrara
gustavo@bernagozzi-ingegneria.it

EPC:

STE Energy s.r.l.
Via Sorio, 120 - Padova
info@ste-energy.com

Logistica e coordinamento:

Dott. Ing. Gustavo Bernagozzi
Via Galilei, 23 - Ferrara
gustavo@bernagozzi-ingegneria.it

Studio geologico:

Dott. Geol. Mastellari Matteo
Via Ugo Tegli, 30 - Ferrara
matteo.mastellari@gmail.com

CODICE ELABORATO

PROGETTO	PROG.	TIPO	REV.
RV-FV-ER-15	10	R	00

Rev.	Data	Descrizione	Redige	Verifica	Approva
00	12/22	Prima Emissione	AI	RC	GS
01					
02					
03					
04					
05					
06					

GESTORE RETE ELETTRICA

e-distribuzione

SOCIETA' PROPONENTE:

RENUALVE SUN 3 S.R.L.

Via Quattro Novembre 2,
Padova (PD) - 35123
P.iva 05439000281

 **RENUALVE SUN 3**

Indice

1	Introduzione.....	2
1.1	Documenti di riferimento.....	3
2	Normativa di riferimento	4
2.1	Definizioni	4
2.2	Obiettivi di qualità	5
3	Descrizione dell'impianto.....	6
4	Calcolo dei campi elettromagnetici.....	8
4.1	Valutazione preventiva dei campi elettrici:	8
4.2	Valutazione preventiva dei campi magnetici:	8
4.3	Analisi del caso di studio	8
4.3.1	Sezione A.....	9
4.3.2	Sezione D	11
4.3.3	Moduli fotovoltaici	13
4.3.4	Inverter.....	13
4.3.5	Cabina di consegna e cabina utente	13
4.3.6	Cabina di trasformazione.....	13
5	Recettori più vicini	14
6	Conclusioni	15

1 Introduzione

Nella presente relazione si descrive la costruzione di tutte le opere necessarie alla connessione alla rete elettrica nazionale di un impianto fotovoltaico di 7097,76 kWp localizzato a Ferrara (FE), secondo quanto indicato da e-Distribuzione S.p.A. nella Soluzione Tecnica Minima Garantita (STMG) concordata.

La STMG prevede la connessione dell'impianto alla rete MT a 15kV, nelle modalità descritte nei capitoli successivi, per una potenza di connessione pari a 4900 kW.

Come indicato in fase di accettazione del preventivo, il Produttore si avvarrà della facoltà di realizzare in proprio l'impianto di connessione.

Ubicazione	
Regione	Emilia Romagna
Provincia	Ferrara
Comune	Ferrara
Riferimenti catastali	Fg. 190 mp. 27-28-33-35-56
Superficie totale di impianto	10,805 ha
Società proponente	
Ragione sociale	Renvalue Sun 3 S.r.l.
P.iva e c.f.	05439000281
Indirizzo sede legale	Via Quattro Novembre, 2, Padova
PEC	rvsun3@pec-legal.it
Grandezze principali di impianto	
Potenza DC	7097,76 kW
Potenza AC di connessione	4900 kW
Componenti principali di impianto	
Cabina di consegna	n.1 cabine DG2061 ed.9
Cabina utente	n.1 cabina box P44
Cabina di trasformazione	n.2 skid con trasformatori in olio da 2500kVA
Inverter di stringa	n.16 inverter da 320 kWac
Moduli	n.11448 moduli JAM78D40-620/GB da 620Wp JA Solar
Tracker	Mono-assiali 1P con azimuth 0°
Opere di connessione alla rete	
Tensione di connessione	15 kV – Media tensione
Gestore di rete	e-Distribuzione spa
Cod. pratica	321671961
POD	IT001E106123586

1.1 Documenti di riferimento

A completamento si faccia riferimento ai seguenti elaborati:

- RV-FV-ER-15-D-13 Layout impianto
- RV-FV-ER-15-D-17 Tracciato cavidotti interni e DPA

2 Normativa di riferimento

La normativa che si occupa di tutelare la popolazione dall'esposizione ai campi elettromagnetici, disciplina separatamente le alte frequenze (impianti radiotelevisivi, stazioni radio base, ponti radio) e le basse frequenze (elettrodotti). Le leggi di riferimento nella presente valutazione sono:

- Legge Quadro n.36 del 22 febbraio 2001 “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”.
- DPCM (Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri) dell'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”.
- DPCM (Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri) dell'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, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz”.
- D.Lgs 9 aprile 2008, n. 81 “Attuazione dell'art. 1 della Legge 3 agosto 2007, n.123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro” e s.m.i..

2.1 Definizioni

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, 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.”

2.2 Obiettivi di qualità

Gli obiettivi di qualità sono:

- 1) I criteri localizzativi, gli standard urbanistici, le prescrizioni e le incentivazioni per l'utilizzo delle migliori tecnologie disponibili indicati dalle leggi regionali;
- 2) I valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico definiti dallo Stato ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi medesimi.

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

- i limiti di esposizione del campo elettrico¹ (5 kV/m) e del campo magnetico (100μT) come valori efficaci, per la protezione da possibili effetti a breve termine;
- il valore di attenzione (10 μT) e l'obiettivo di qualità (3 μT) del campo magnetico da intendersi come mediana nelle 24 ore in normali condizioni di esercizio, per la protezione da possibili effetti a lungo termine connessi all'esposizione nelle aree di gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenza non inferiore a 4 ore giornaliere (luoghi tutelati).

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

3 Descrizione dell'impianto

Di seguito, in sintesi, i dati relativi all'impianto fotovoltaico:

Tabella 1 Dati Impianto

Moduli Fotovoltaici	
Tipologia modulo FTV	620Wp JA Solar
Quantità moduli	11448
Potenza DC	7097,76 kWp
Moduli per stringa	24
Numero di stringhe	477
Pannelli	
Modello	ARCTECH
q.tà tracker da 1 stinghe	36
q.tà tracker da 1,5 stringhe	58
q.tà tracker da 2 stringhe	177
q.tà tracker da 2.5 stringhe	0
Inverter	
Modello	Sungrow SG350HX
Potenza nominale	320 kW
Numero di inverter	16
Tensione AC di funzionamento	800V
Numero di stringhe max per inverter	31
Cabina di trasformazione	
Quantità	2
Tipo trasformatore	In olio
Potenza	(2x2500) kVA
Gruppo	Dyn11
Tensioni di funzionamento	15/0.8 kV
Potenza di immissione in rete concessa	4900kW

In Figura 1 viene inoltre riportato il layout di impianto, in modo da visualizzare la disposizione dei pannelli e delle stringhe sull'immagine ortofoto del terreno di interesse.



Figura 1: Layout di impianto su base ortofoto

4 Calcolo dei campi elettromagnetici

Una linea elettrica durante il suo normale funzionamento genera un campo elettrico ed un campo magnetico. Il primo è proporzionale alla tensione della linea stessa, mentre il secondo è proporzionale alla corrente che vi circola. Entrambi decrescono molto rapidamente con la distanza.

4.1 Valutazione preventiva dei campi elettrici:

Considerando che la grossa parte dell'impianto è a bassa tensione, che la massima tensione elettrica all'interno ed all'esterno è di 30.000V e che i campi elettrici sono schermati dal suolo, dalle recinzioni, dalle murature del fabbricato, dagli alberi, dalle strutture metalliche porta moduli, dalle guaine metalliche dei cavi a media tensione, ecc..., **si può trascurare completamente la valutazione dei campi elettrici** che, si ricorda, sono generati dalla tensione elettrica. In particolare, è stato più volte dimostrato da misure sperimentali condotte in tutta Italia dal sistema agenziale ARPA sulle cabine MT/BT della Distribuzione, che i campi elettrici all'esterno delle cabine a media tensione risultano essere abbondantemente inferiori ai limiti di legge.

4.2 Valutazione preventiva dei campi magnetici:

Per quanto concerne invece i campi magnetici è necessario identificare nella centrale fotovoltaica le possibili sorgenti emissive e le loro caratteristiche. Una prima sorgente emissiva è rappresentata dal generatore fotovoltaico e dai relativi cavidotti di collegamento con la cabina elettrica dove avviene la conversione e trasformazione.

Le simulazioni relative al calcolo dell'intensità del campo magnetico sono state elaborate con il software **"FEMM" (Finite Element Method Magnetism) v4.2** sviluppato da David Meeker, utilizzando modelli di calcolo basati sul metodo standardizzato dal Comitato Elettrotecnico Italiano Norma CEI 211-4/1996.

La corrente transitante in ogni tratta è stata calcolata con la seguente formula:

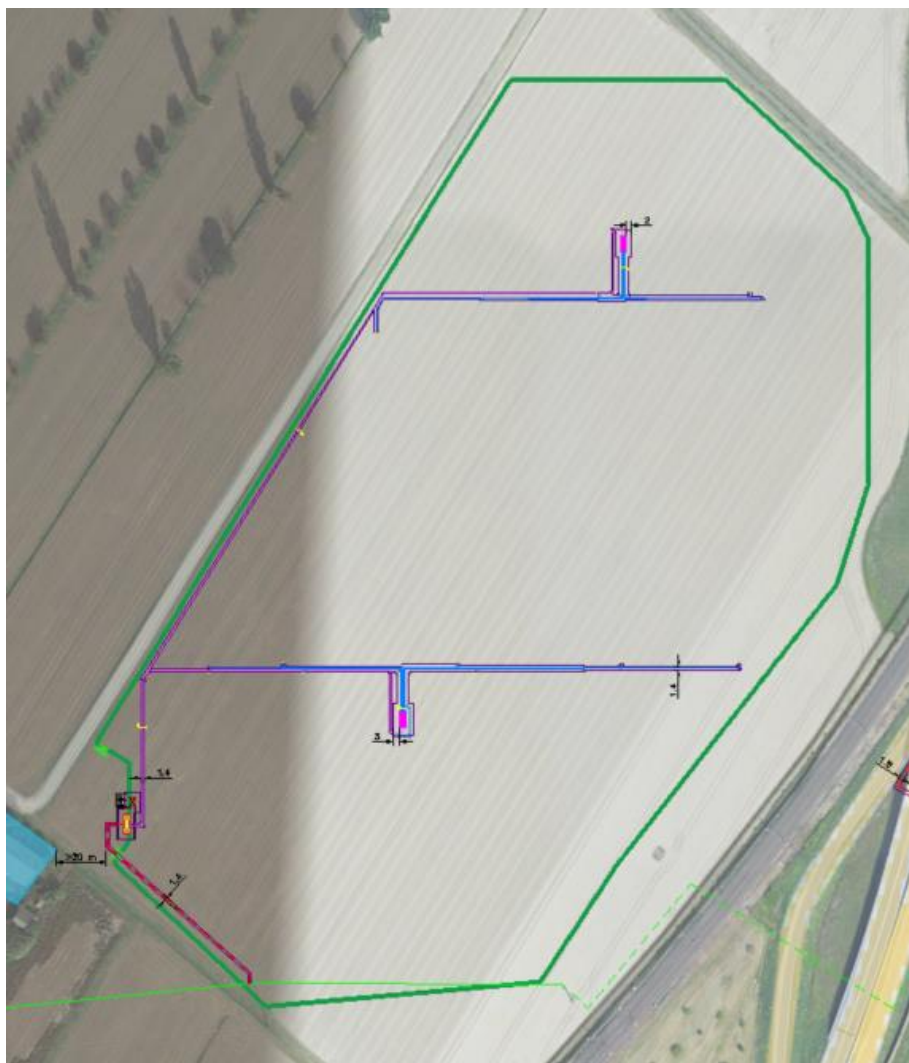
$$I = \frac{P \cdot 1,1}{V \cdot \sqrt{3}}$$

4.3 Analisi del caso di studio

Per quanto riguarda l'impianto fotovoltaico in oggetto, sono da analizzarsi i campi elettromagnetici prodotti dalle seguenti sorgenti:

- I cavi BT AC di collegamento tra gli inverter e il trasformatore;
- I cavi MT AC di collegamento tra il trasformatore e la cabina di consegna
- La cabina di consegna, la cabina utente e il trasformatore.
- I cavi MT AC relativi alle opere di connessione alla rete

È importante sottolineare che le emissioni elettromagnetiche generate dai singoli elementi vanno considerate nel loro comportamento cumulativo e simultaneo: per questo nella figura successiva è riportata la planimetria dei cavidotti, cosicché sia possibile determinare le sezioni più gravose e concentrare su di esse l'analisi tramite simulazione.



Sezione A

Sezione D

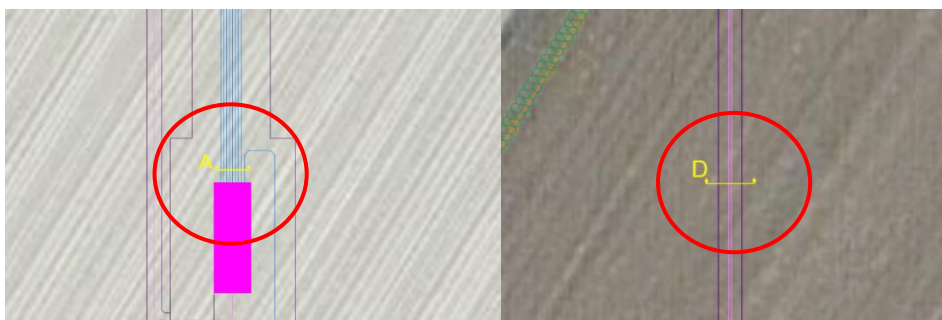


Figura 2: Planimetria cavidotti

Dalla planimetria si evince che **le due sezioni più gravose sono quelle indicate dalle lettere A e D, dove si hanno 9 terne BT in parallelo entranti in una delle due cabine di trasformazione e, nella sezione D, due terne MT in parallelo entranti nella cabina di consegna.**

4.3.1 Sezione A

La sezione A è costituita dalla posa di 9 terne di conduttori, così descrivibile:

- Tipologia cavi 0.6/1kV ARG16R16 da 185 mmq di sezione.
- Profondità di posa: >60cm

- Corrente Massima pari alla corrente massima dell'inverter: 254 A.

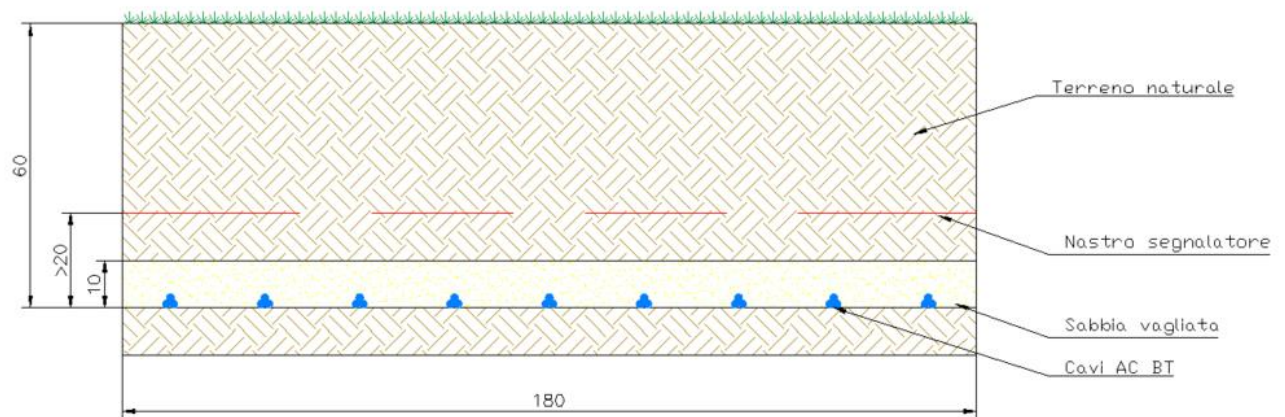


Figura 3: Sezione A cavidotti

Dalla simulazione effettuata con il software FEMM 4.2 emergono i risultati riportati in figura.

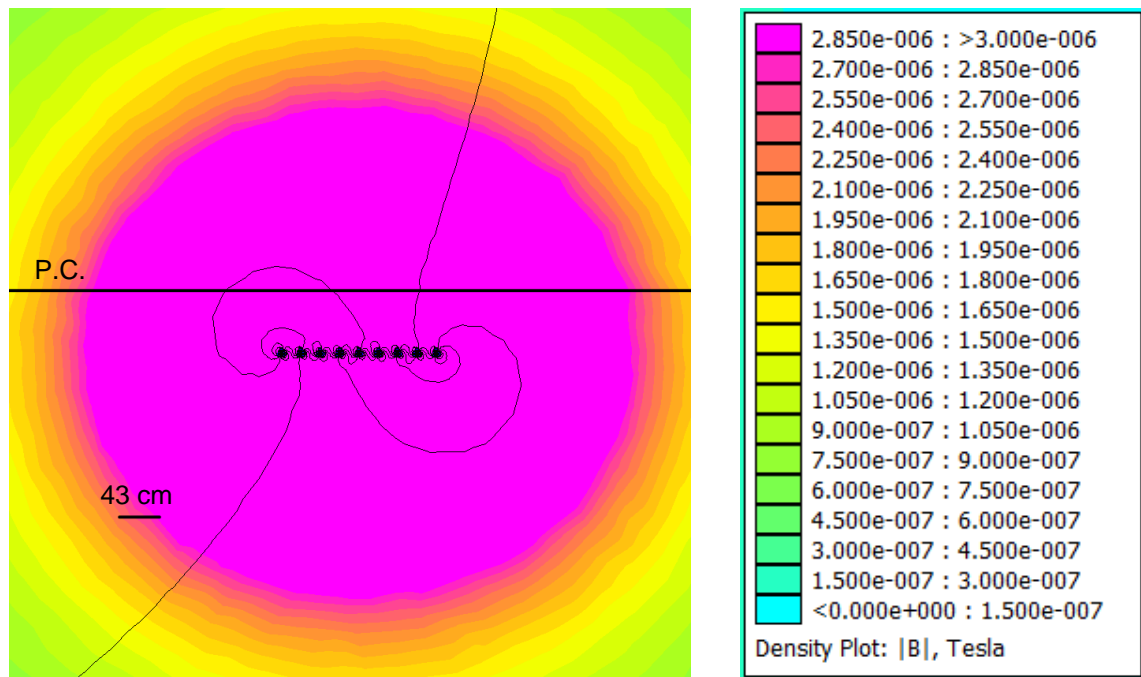


Figura 4 Risultati simulazione – Sezione A

Nel grafico seguente si riporta l'andamento del campo magnetico al piano di calpestio, da cui si evince che la fascia di rispetto ha un'ampiezza pari a 556 cm, centrata con l'asse dei conduttori:

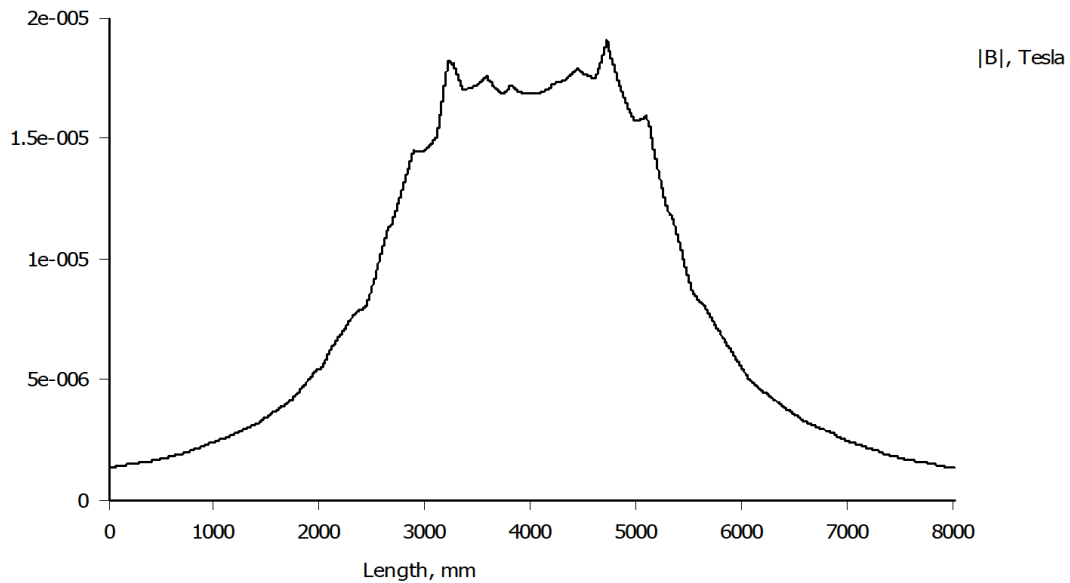


Figura 5 Andamento campo magnetico – Sezione A

La **DPA** relativa a questa sezione vale invece **2.88+2.88 m** rispetto all'asse geometrico dei 9 conduttori.

4.3.2 Sezione D

La sezione D è costituita dalla posa di 2 terne di conduttori di MT, così descrivibile:

- n.2 terne di cavi RG7H1M1 12/20 kV da 95 mmq.
- Profondità di posa: >80cm.
- Corrente Massima: pari a 110 A.

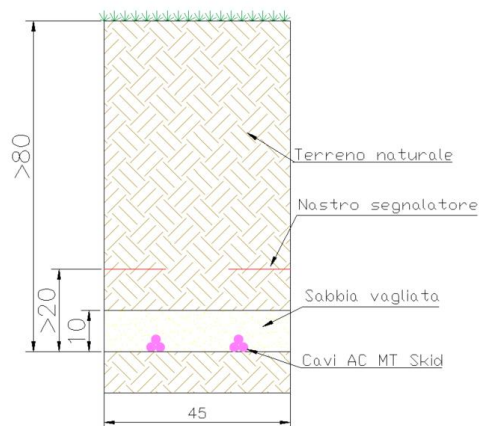


Figura 6: Sezione D cavidotti

Dalla simulazione effettuata con il software FEMM 4.2 emergono i risultati riportati in figura.

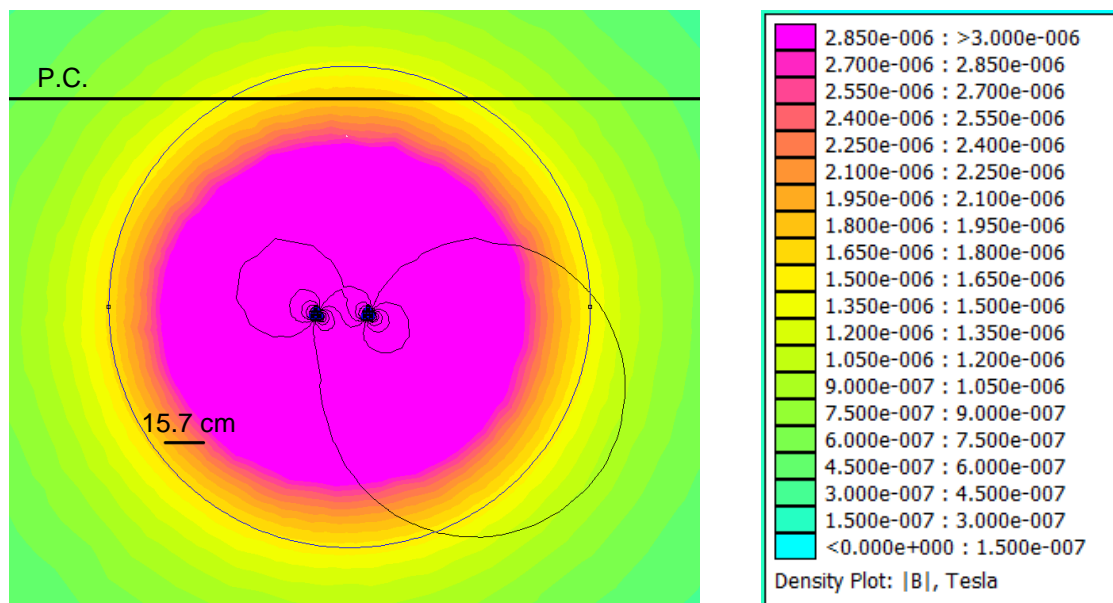


Figura 7 Risultati simulazione – Sezione l=H

Nel grafico seguente si riporta l'andamento del campo magnetico al piano di calpestio, da cui si evince che la fascia di rispetto ha un'ampiezza pari a 0 m, centrata con l'asse geometrico dei conduttori:

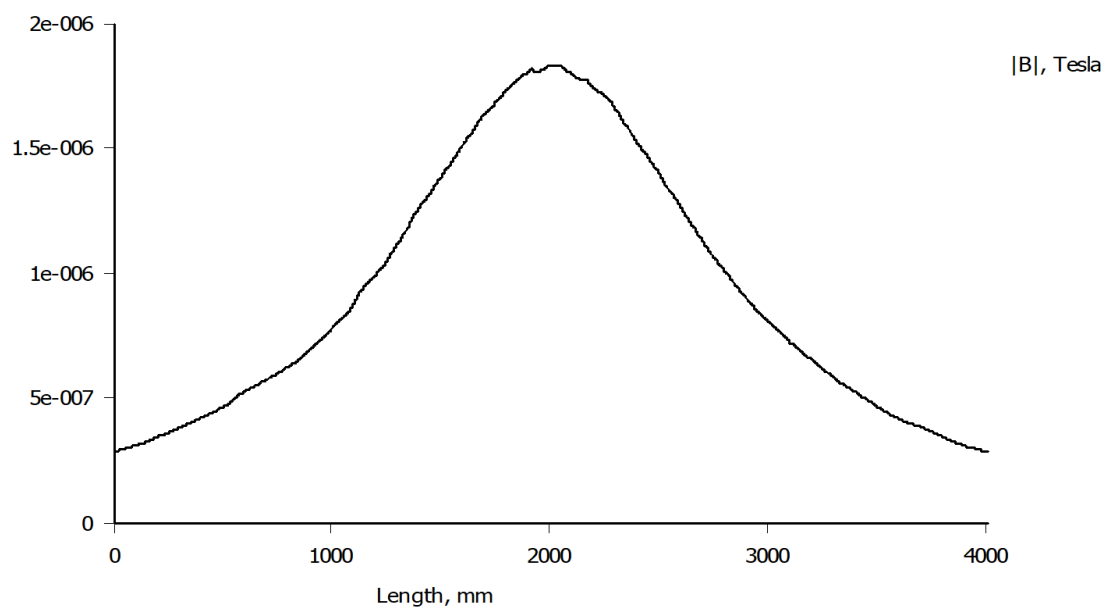


Figura 8 Andamento campo magnetico – Sezione D

La **DPA** relativa a questa sezione vale invece **0.71+0.71 m** rispetto all'asse geometrico dei conduttori.

4.3.3 Moduli fotovoltaici

I moduli fotovoltaici lavorano in corrente e tensione continue e non in corrente alternata, per cui la generazione di campi variabili è limitata ai soli transistori 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.

4.3.4 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).

4.3.5 Cabina di consegna e cabina utente

La cabina di consegna e quella utente saranno costituite da box prefabbricati con alimentazione da cavo sotterraneo. I locali utenti delle cabine di consegna sono predisposti per ospitare in futuro un trasformatore di potenza massima di 630kVA.

Per la determinazione della Distanza di Prima Approssimazione si è fatto riferimento alla linea guida 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" da cui all'All. B si desume che per una cabina secondaria la DPA è di 2 m.

DPA= 2 m

4.3.6 Cabina di trasformazione

Le cabine di trasformazione costituite da box prefabbricato con alimentazione da cavo sotterraneo conterranno i due trasformatori BT/MT da 2500 kVA.

In questo caso, in base al DM del MATTM del 29.05.2008, cap.5.2.1, l'ampiezza delle DPA si determina come di seguito descritto.

Tale determinazione si basa sulla corrente di bassa tensione del trasformatore e considerando una distanza dalle fasi pari al diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore. Per determinare le DPA si applica la formula di cui al citato cap.5.2.1 e cioè:

$$DPA = 0,40942 \cdot x^{0,5242} \cdot I^{0,5}$$

Dove:

- x : è il diametro dei conduttori [m], pari a 0.0162
- I : la corrente nominale lato BT pari a $254 \cdot 9 = 2286$ A nel caso del trasformatore da 2500 kVA che riceve in ingresso 9 terne BT e $254 \cdot 7 = 1778$ A nel caso del trasformatore da 2500 kVA che riceve in ingresso 7 terne BT.

Si ottiene così un valore di **DPA** pari a 2.25 m arrotondabile a **3 m**, per la cabina di trasformazione da 2500 kVA su cui insistono 9 terne BT, e un valore di 1.98 m arrotondabile a **2 m** per la cabina di trasformazione da 2500 kVA su cui insistono 7 terne BT.

5 Recettori più vicini

Dal punto di vista della compatibilità elettromagnetica è opportuno verificare anche la presenza di possibili recettori attorno all'area di impianto e la relativa natura.

Come indicato dalla planimetria su ortofoto sotto-riportata, si individua in particolare un recettore

1. Recettore rispetto cavidotti MT in progetto relativi alle opere di connessione alla linea aerea esistente: Insieme di edifici residenziali le cui mura distano dalla più vicina fonte di campi elettromagnetici poco più di 20m.

In tutti i casi, e di conseguenza per ogni altro recettore più distante di questi citati, il recettore non viene interessato da eventuali campi elettromagnetici generati dalle componenti di impianto (intesi come campi elettromagnetici sopra la soglia di qualità di $3\mu\text{T}$).

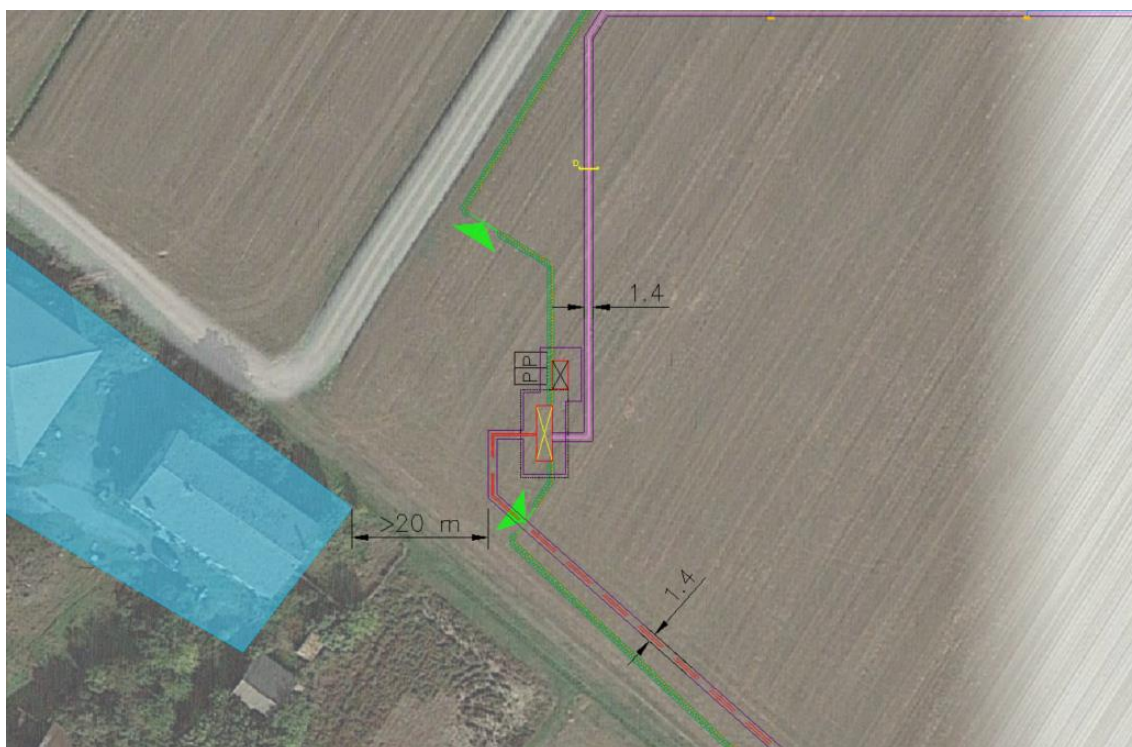


Figura 9 Recettori più vicini all'impianto e alle opere di connessione

6 Conclusioni

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

In un'ottica di cautela, tenendo conto di eventuali effetti di sovrapposizione di induzione magnetica generati dalle singole sorgenti presente nell'area, si identifica:

- Come Distanza di Prima Approssimazione dai cavi BT AC tra inverter e trasformatore, dai cavi MT AC tra trasformatore e cabina di consegna:
 - Sezione A **DPA= 2.88+2.88 m;**
 - Sezione D **DPA= 0.7+0.7 m**
- Come Distanza di Prima Approssimazione dai muri delle cabine di consegna e delle cabine utente:
DPA= 2 m.
- Come Distanza di Prima Approssimazione dai muri delle cabine di trasformazione:
DPA= 3 m per il trasformatore su cui insistono 9 terne
DPA= 2 m per il trasformatore su cui insistono 7 terne
- Come Distanza di Prima Approssimazione dai cavi MT relativi alle opere di connessione alla linea aerea esistente:
DPA= 0.7+0.7 m
- Come Distanza di Prima Approssimazione dai cavi MT in progetto, per la sostituzione di cavo esistente uscente dalla cabina Giubileo 385793:
DPA= 0.9+0.9 m

Dal calcolo delle DPA dei vari componenti elettrici in progetto e considerata la loro ubicazione presentata nelle varie planimetrie allegate si conclude che le fasce di rispetto valutate e le rispettive DPA sono sempre ricomprese nell'area dell'impianto fotovoltaico.

Per quanto detto sopra si rileva l'assenza di fattori di rischio per la salute umana a causa delle azioni di progetto, poiché è esclusa la presenza di recettori sensibili e di luoghi adibiti alla permanenza di persone per durate non inferiori alle 4 ore al giorno entro le DPA sopra indicate.

Per quanto riguarda il campo elettrico, esso è nullo a causa dello schermo dei cavi o assolutamente trascurabile negli altri casi, già per distanze superiori a qualche cm dalle parti in tensione.