

Regione
Sicilia



Provincia di
Trapani



Comune di
Marsala



PARCO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "RINAZZO" E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN DI POTENZA PARI A 21 MW NEL COMUNE DI MARSALA (TP)

Società proponente:

ecenergy
Powering renewables.

Via A. Manzoni, 30 - Milano (20121)
P.IVA: 11119020961
Pec: ecosicity3srl@legalmail.it

Scala

n.d.

Formato

A4

Titolo elaborato:

RELAZIONE TECNICA C.E.M.

PROGETTISTI INCARICATI

Progettazione elettrica:
Ing. Clementi Riccardo

CODICE ELABORATO

PROGETTO	PROG.	TIPO	REV.
RNZFV	004	R	00

Rev.	Data	Descrizione	Redige	Verifica	Approva
00	05/22	Prima emissione	G.R.	R.C.	R.C.
01					
02					
03					
04					
05					
06					

GESTORE RETE ELETTRICA

Terna
Rete Elettrica Nazionale

Progettazione a cura di:

STE energy

STE Energy S.r.l. società a socio unico
Via Sorio, 120 - 35141 Padova (IT)

Tel. +39 049.2963900 Fax +39 049.2963901 www.ste-energy.com

Indice

1	Dati generali di progetto.....	2
1.1	Documenti di riferimento.....	2
2	Normativa di riferimento.....	3
2.1	Definizioni.....	3
2.2	Obiettivi di qualità.....	4
3	Descrizione dell'impianto.....	5
4	Calcolo dei campi elettromagnetici.....	6
4.1	Valutazione preventiva dei campi elettrici:.....	6
4.2	Valutazione preventiva dei campi magnetici:.....	6
4.3	Analisi del caso di studio.....	6
4.3.1	Sezione A.....	7
4.3.2	Sezione B e C.....	8
4.3.3	Sezione D.....	9
4.3.4	Cavidotto MT campo FTV→stazione utente.....	10
4.3.5	Moduli fotovoltaici.....	11
4.3.6	Inverter.....	11
4.3.7	Cabine elettriche di MT.....	11
4.3.8	Cabina di trasformazione.....	11
5	Conclusioni.....	12

1 Dati generali di progetto

In questa relazione si valuta la compatibilità elettromagnetica delle opere in progetto relative alla costruzione di un impianto fotovoltaico di potenza pari a 21192.60 kW, sito nel comune di Marsala (TP).

I dati principali di impianto sono riassunti sotto.

Ubicazione	
Regione	Sicilia
Provincia	Trapani
Comune	Marsala, Loc. Rinazzo
Superficie totale area di progetto	Circa 35 ha
Società proponente	
Ragione sociale	Ecosicity 3 s.r.l.
P.iva e c.f.	11119020961
Indirizzo sede legale	Via Alessandro Manzoni, 30 – 20121 Milano
PEC	ecosicity3srl@legalmail.it
Grandezze principali di impianto	
Potenza DC	21192.60 kW
Potenza AC di connessione	23000 kW
Componenti principali di impianto	
Moduli	n.37180 moduli Jinkosolar N-type 570W
Inverter di stringa	n.76 inverter da Sungrow 320kW
Cabina di trasformazione	n.7 skid con trasformatore in resina da 3200-4000 kVA
Strutture di supporto	Tracker monassiali 1-P con azimut 15°/26° e strutture fisse 2V con tilt 25°
Cabina arrivo linea	n.1 in CAV dim. (LxPxA) 800x250x280 cm
Cabine ufficio-magazzino	n.3 in container da 20'
Cabine elettriche per ausiliari	n.3 in container da 20'
Opere di connessione alla rete	
Tensione di connessione	30 kV e 150kV
Gestore di rete	Terna spa
Cod. pratica	201901644

1.1 Documenti di riferimento

A completamento si faccia riferimento ai seguenti elaborati:

- RNZFV-FTV03-R-00 RELAZIONE TECNICA E SIMULAZIONE PVSYSY
- RNZFV-FTV01-D-00 SCHEMI ELETTRICI
- RNZFV-FTV02-D-00 LAYOUT DI IMPIANTO
- RNZFV-FTV04-D-00 PLANIMETRIA CAVIDOTTI DI CAMPO
- RNZFV-FTV13-D-00 SEZIONE CAVIDOTTI

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 (elettrrodotti). 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 elettrrodotti".
- 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;
- *Elettrdotto*: 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 elettrdotto, 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 elettrico (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:

- Potenza nominale del campo: 21192.60 kWp;
- N. totale di pannelli FTV: 37180 da 570 Wp;
- N. totale di stringhe: 1430 da 26 pannelli ciascuna.
- N. totale inverter di stringa SG350HX: 76
- N. 7 cabine di trasformazione con trasformatore bt/MT da 3200-4000 kVA

Alla tavola RNZFV-FTV04-D-00 PLANIMETRIA CAVIDOTTI DI CAMPO si riporta il layout con evidenziati i cavidotti di potenza, da interpretare come segue:

Conessione	Colore disegno /legenda	Tipologia cavo	Posa
Inverter di stringa – trasformatore	Linea continua blu	3x (0.6/1 kV ARG16R16 da 240 mmq)	Direttamente interrati, 50cm di profondità, 15cm l'uno dall'altro
Trasformatore – cabina di raccolta	Linea continua rosa	ARP1H5EX 3X70mmq o 3x95mmq	Direttamente interrata a trifoglio, 70cm di profondità.
Alimentazione BT degli ausiliari	Linea continua marrone	FG17 450/750 V 3x25+16 mmq oppure 2x10mmq	Direttamente interrato a 50cm di profondità

Alla tavola RNZFV-CON08-D-00 CAVIDOTTO MT, invece, si rappresenta il cavidotto MT di collegamento del campo fotovoltaico alla stazione utente, le cui caratteristiche sono:

Cabina di raccolta-stazione utente	Linea continua rossa	2x (ARP1H5EX 18/30kV 3x1x300mm ²)	In tubo a 1m di profondità estradosso.
------------------------------------	----------------------	---	--

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 emmissive e le loro caratteristiche. Una prima sorgente emmissiva 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 Magnetics) 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
- Le cabine di trasformazione.

Per quanto riguarda i cavi BT AC di alimentazione degli ausiliari, vista la modesta entità delle correnti da essi trasportati, non è necessario considerarli nello studio dei campi elettromagnetici.

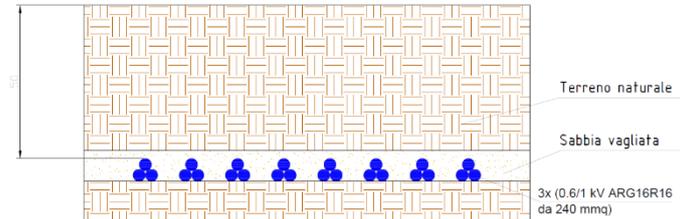
È importante sottolineare che le emissioni elettromagnetiche generate dai singoli elementi vanno considerate nel loro comportamento cumulativo e simultaneo: per questo nella figura successiva è riportata la planimetria dei cavidotti, cosicché sia possibile determinare le sezioni più gravose e concentrare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

Nelle tavole già menzionate, sono evidenziate alcune sezioni tipo dei cavidotti, di cui verrà studiata la compatibilità elettromagnetica nei capitoli successivi.

4.3.1 Sezione A

La sezione A è costituita dalla posa di:

- N.8 terne di cavi BT 3x (0.6/1 kV ARG16R16 da 240 mmq) a 0.50 m di profondità; 250 A nominali



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

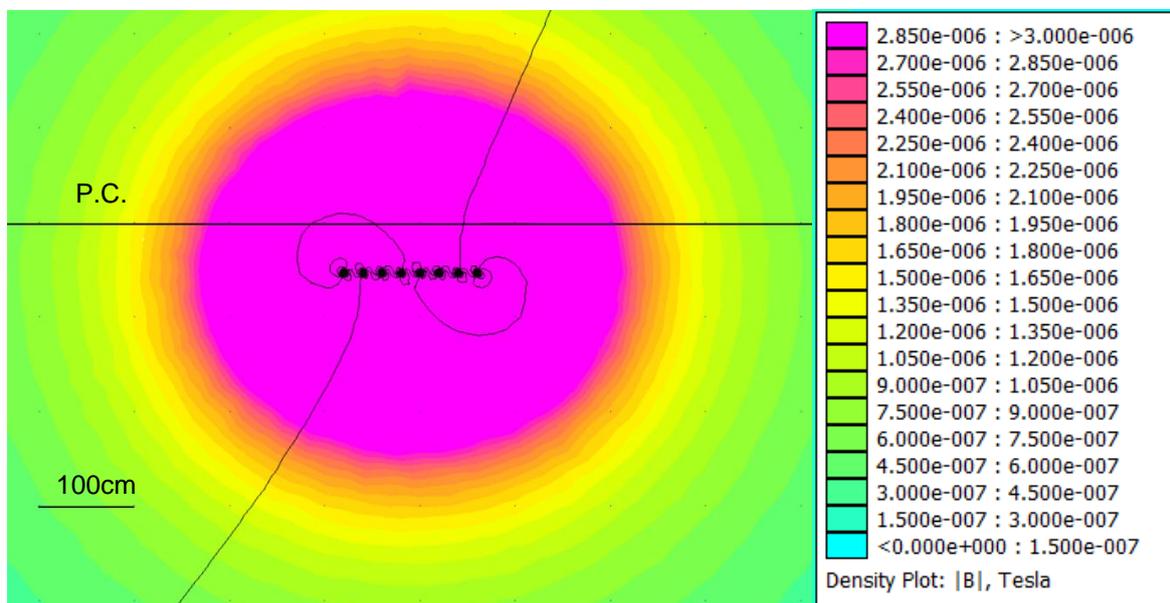


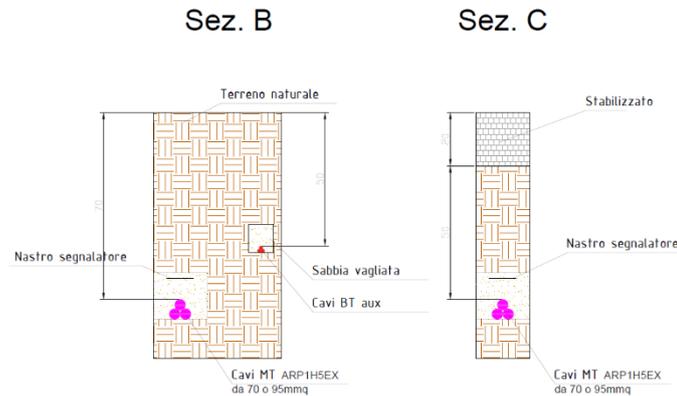
Figura 5: Risultati simulazione – Sezione A

La DPA relativa a questa sezione vale **2.3+2.3m** rispetto all'asse geometrica dei conduttori.

4.3.2 Sezione B e C

La sezione B e C sono costituite dalla posa di:

- N.1 terna di cavi MT 3x (ARP1H5EX 3X70mmq) posti a trifoglio a 0.7 m di profondità; 150 A nominali
- Il cavo di alimentazione degli ausiliari, come detto in fase introduttiva, è trascurabile ai fini del calcolo della compatibilità elettromagnetica.



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

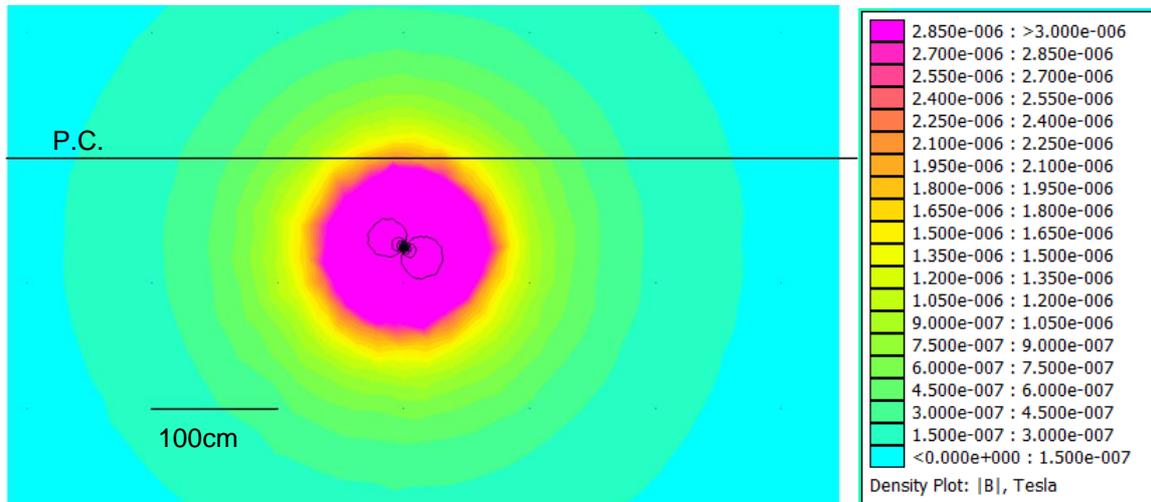


Figura 5: Risultati simulazione – Sezione B

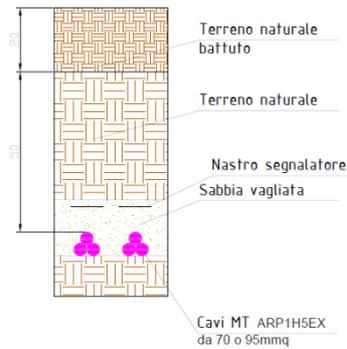
La **DPA** relativa a questa sezione vale **0.70+0.70m** rispetto all'asse geometrica dei conduttori.

4.3.3 Sezione D

La sezione D è costituita dalla posa di:

- N.2 terna di cavi MT 3x (ARP1H5EX 3X70mmq) posti a trifoglio a 0.7 m di profondità; 150 A nominali

Sez. D



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

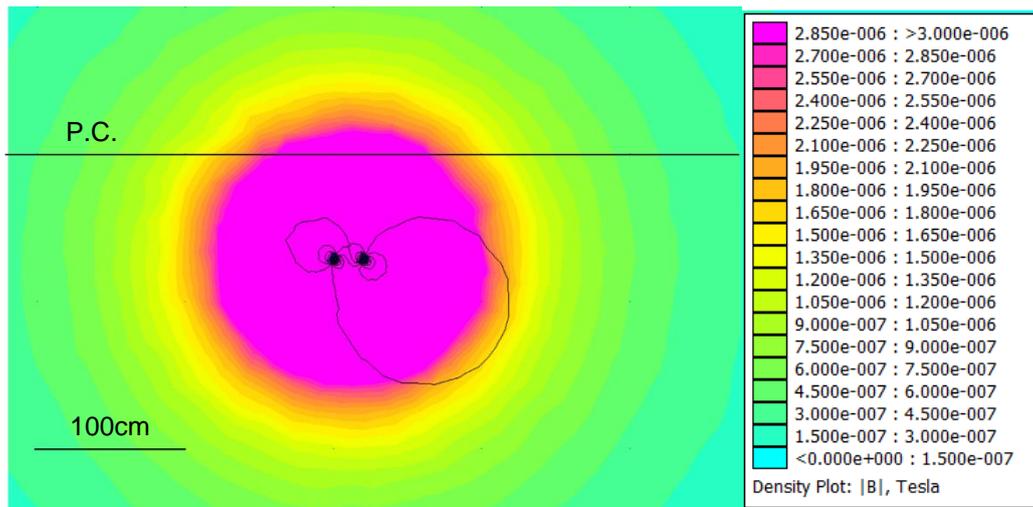


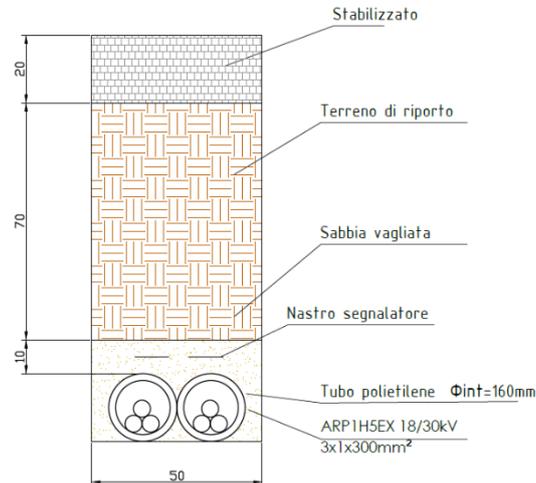
Figura 5: Risultati simulazione – Sezione B

La DPA relativa a questa sezione vale **0.9+0.9m** rispetto all'asse geometrica dei conduttori.

4.3.4 Cavidotto MT campo FTV → stazione utente

Il collegamento del capo fotovoltaico alla cabina utente è garantito dalla posa di:

- N.2 terne di cavi MT 3x (ARP1H5EX 18/30kV 3x1x300mm²) posti a trifoglio a 1 m di profondità; 250 A nominali



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

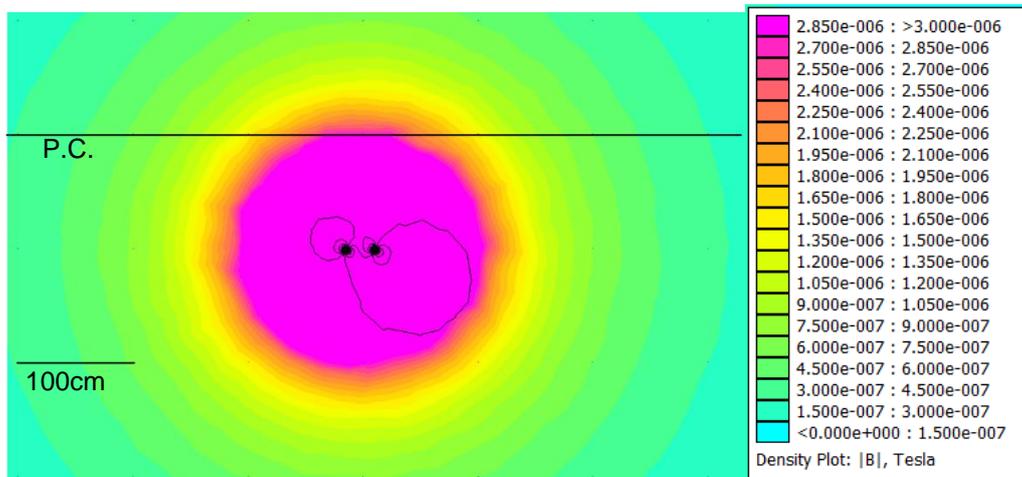


Figura 5: Risultati simulazione – Sezione A

La DPA relativa a questa sezione vale invece **1 +1m** rispetto all'asse geometrica dei conduttori.

4.3.5 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.

4.3.6 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).

4.3.7 Cabine elettriche di MT

Le cabine elettriche di raccolta cavi di campo saranno costituite da box prefabbricati di varie misure con alimentazione da cavo sotterraneo.

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, in via cautelativa, la DPA è di 2 m.

$$DPA = 2 \text{ m}$$

4.3.8 Cabina di trasformazione

Le cabine di trasformazione sono costituite da box prefabbricati containerizzati con alimentazione da cavo sotterraneo; sono previsti 2 taglie di trasformatori bt/MT: 3200kVA e 4000kVA.

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.

Trasformatore da 3200kVA:

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 0,028m
- I : la corrente nominale lato BT pari a $250 \cdot 10 = 2500A$

Si ottiene così un valore di **DPA** pari a 3.14m, arrotondabile a **3,5m**.

Trasformatore da 4000kVA:

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 0,028m
- I : la corrente nominale lato BT pari a $250 \cdot 12 = 3000A$

Si ottiene così un valore di **DPA** pari a 3.44m, arrotondabile a **3,5m**.

5 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.

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.