

Progetto: **IMPIANTO AGRIVOLTAICO E
RELATIVE OPERE DI
CONNESSIONE**

STMG: Codice Pratica 202400840 - TERNA s.p.a.

Localizzazione: Via Ro snc, Ferrara (FE)

Firma Elaborato:



Gruppo di Lavoro:

Elettrica: Ing. Giovanni Cis
Ambientale: Arch. Emiliano Manzato
Dott. Geol. Loris Tietto
Dott.ssa Irene Corà
Dott. Archeologo Davide Brombo
Idraulica e geologica: Dott. Geol. Matteo Mastellari
Agronomica: Dott. Agr. Stefano Pesavento
Acustica: Dott. Matteo Compri

Società proponente:

OPR SUN 55 SRL
Via Ceresio, 7 - 20154 Milano
PEC: oprsun55@legalmail.it
P.iva 13511810965

Titolo elaborato:

Relazione CEM Cavidotti FTV e opere utente

Codice Elaborato:

VIA-02_Rel_13_Elettromagnetica_00

Formato:

A4

Scala:

na

Rev.	Data	Descrizione	Redige	Verifica	Approva
00	05/26	Prima emissione	S.R.	R.C.	G.C.
01					
02					
03					
04					

Indice

1	Dati generali di progetto	2
2	Introduzione.....	3
2.1	Documenti di riferimento	3
3	Normativa di riferimento	4
3.1	Definizioni	4
3.2	Obiettivi di qualità.....	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	Cavi BT inverter – Skid (sezione A)	8
4.3.2	Cavi AT Skid – Cabina di raccolta (Sezione B)	8
4.3.3	Cavi AT (opere utente)	10
4.3.4	Cabina di trasformazione (skid).....	11
4.3.5	Linea MT AC interrata in progetto (alternativa proposta alla linea MT aerea esistente)	11
4.3.6	Moduli fotovoltaici	12
4.3.7	Inverter	12
4.3.8	Cabina con quadri di raccolta a 36 kV	12
5	Ricettori più vicini	13
6	Conclusioni.....	15

1 Dati generali di progetto

Ubicazione	
Regione	Emilia Romagna
Provincia	Ferrara
Comune	Ferrara
Riferimenti catastali FTV	Fg. 85 mp. 7-9-20-21-23-24-30-39-53-54-57-68 Fg. 81 mp. 72
Superficie totale di impianto	42,2 ha
Società proponente	
Ragione sociale	OPR SUN 55 S.r.l.
P.iva e c.f.	13511810965
Indirizzo sede legale	Via Ceresio, 7, Milano
PEC	oprsun55@legalmail.it
Grandezze principali di impianto	
Potenza DC	25.662 kWp
Potenza AC - Potenza nominale	22.500 kW
Componenti principali di impianto	
Cabina di trasformazione	n.8 skid con trasformatori in olio da 3300 kVA
Inverter di stringa	n.75 inverter da 300 kWac
Moduli	n.34.216 moduli 750 Wp
Stringhe	n. 1222 stringhe da 28 moduli
Tracker	Mono-assiali 1P con azimut 0°
Opere di connessione alla rete	
Tensione di connessione	36 kV
Gestore di rete	Terna S.p.A.
Cod. pratica	202400840
PTO	Ampliamento 380/132 kV SE RTN "Ferrara Focomorto"

2 Introduzione

La STMG 202400840 prevede la connessione dell'impianto alla rete elettrica nazionale mediante realizzazione di un nuovo elettrodotto a 36 kV ("**Opere utente**") che si andrà a connettere in antenna su un ampliamento della Stazione Elettrica 380/132 kV SE RTN "Ferrara Focomorto" ("**PTO**").

Nella presente relazione si effettua un'analisi attenta e approfondita per verificare la compatibilità elettromagnetica del progetto, analizzando i campi elettromagnetici creati dalle componenti di impianto (**cavi BT-AT del campo FTV, opere utente e nuova linea MT interrata in progetto**).

Per quanto riguarda la compatibilità elettromagnetica delle opere nel **PTO** si rinvia agli elaborati "**VIA-02_Elab_PTO_02_DPA_00**" e "**VIA-02_Rel_PTO_05_Elettromagnetica_00**".

2.1 Documenti di riferimento

A completamento si faccia riferimento ai seguenti elaborati:

- VIA-02_Elab_01_Layout_00
- VIA-02_Elab_03_DPA_00
- VIA-02_Elab_11_Mod_MT_00
- VIA-02_Rel_PTO_05_Elettromagnetica_00
- VIA-02_Elab_PTO_02_DPA_00

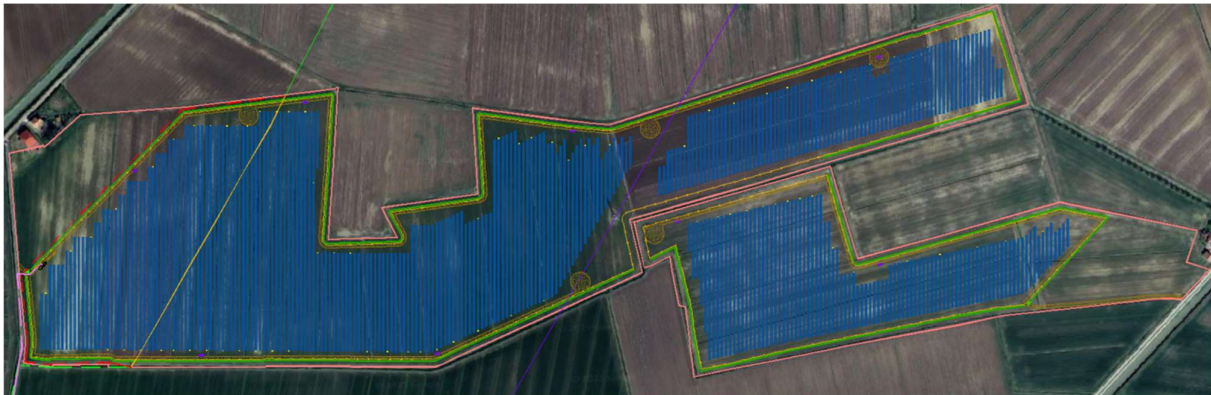


Figura 1 Planimetria generale impianto FTV

3 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.

3.1 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.”

3.2 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.

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

La grossa parte dell'impianto è ad alta tensione, e la massima tensione elettrica all'interno ed all'esterno è di 36 kV 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 di alta tensione, ecc., **si può trascurare completamente la valutazione dei campi elettrici** che, si ricorda, sono generati dalla tensione elettrica.

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 le cabine elettriche 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 il progetto in oggetto, sono da analizzarsi i campi elettromagnetici prodotti dalle seguenti sorgenti:

- I cavi BT AC di collegamento tra gli inverter e i trasformatori (**Sezione A**)
- I cavi AT AC di collegamento tra i trasformatori e la cabina con quadri di raccolta a 36 kV (**Sezione B**)
- I cavi AT AC di collegamento della cabina con quadri di raccolta a 36 kV e l'ampliamento della Stazione Elettrica 380/132 kV SE RTN "Ferrara Focomorto" (**opere utente**)
- Le cabine di trasformazione (**skid**)
- **I cavi MT AC interrati in progetto** (alternativa proposta alla linea MT aerea esistente)
- L'ampliamento 380/132 kV SE RTN "Ferrara Focomorto" (**PTO**)

Per il PTO si rimanda alla tavola “VIA-02_Elab_PTO_02_DPA_00” e la relazione “VIA-02_Rel_PTO_05_Elettromagnetica_00”. Infatti, come anticipato, in questa relazione, assieme alla tavola “VIA-02_Elab_03_DPA_00”, si considera solo **l’impianto FTV e le opere utente**.

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.



Figura 2 - Planimetria cavidotti interni

Analizzando la planimetria “VIA-02_Elab_03_DPA_00” si evince che la sezione più gravosa è quella indicata dalla lettera A:

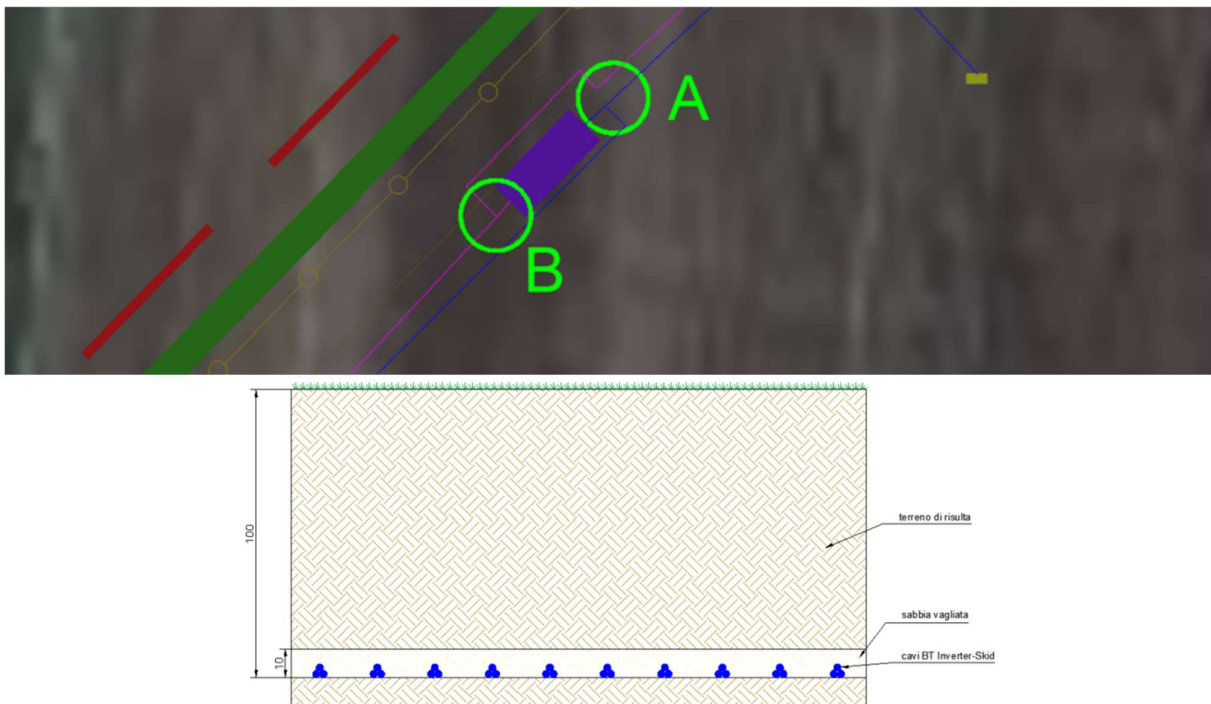


Figura 3 – Planimetria sezione più gravosa

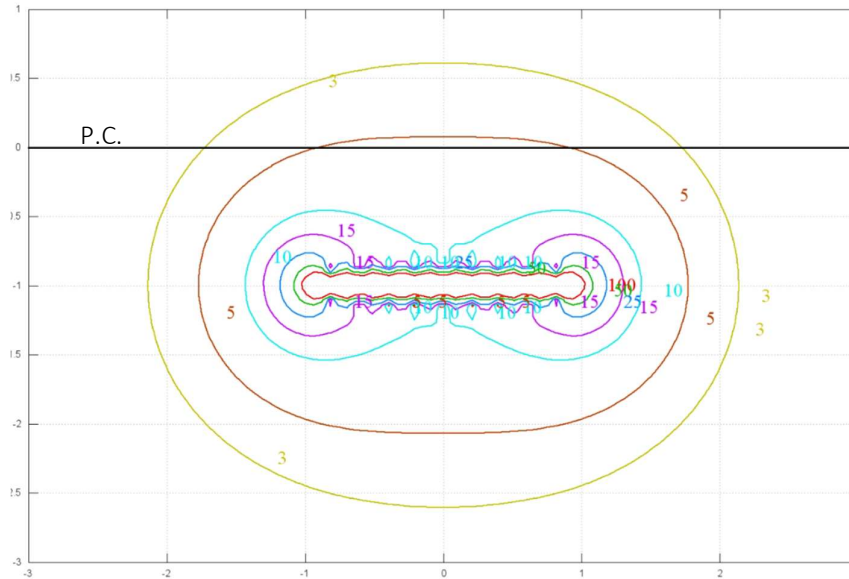
In corrispondenza della sezione A ci sono 10 terne di cavi BT.

4.3.1 Cavi BT inverter – Skid (sezione A)

La sezione A (la più gravosa) è costituita dalla posa di 10 terne di conduttori BT, così descrivibile:

- Tipologia cavi: 0,6/1 kV ARG16R16 da 240 mmq di sezione
- Profondità di posa: > 100 cm
- Corrente massima pari alla corrente massima in uscita dall'inverter: 238 A

La simulazione effettuata con il software MAGIC (MAGnetic Induction Calculation) porta ai seguenti risultati, riportati in figura.



La DPA relativa a questa sezione vale invece **2.1 + 2.1 m** rispetto all'asse geometrico delle 17 terne di conduttori.

4.3.2 Cavi AT Skid – Cabina di raccolta (Sezione B)

La sezione AT più gravosa è costituita dalla posa di 2 terne di conduttori AT, così descrivibile:

- Tipologia cavi: due cavi 20.8/36 kV (N)A2XS(F)2Y da 185 mmq di sezione;
- Profondità di posa: >120 cm
- Corrente massima considerando la portata del cavo: 373 A

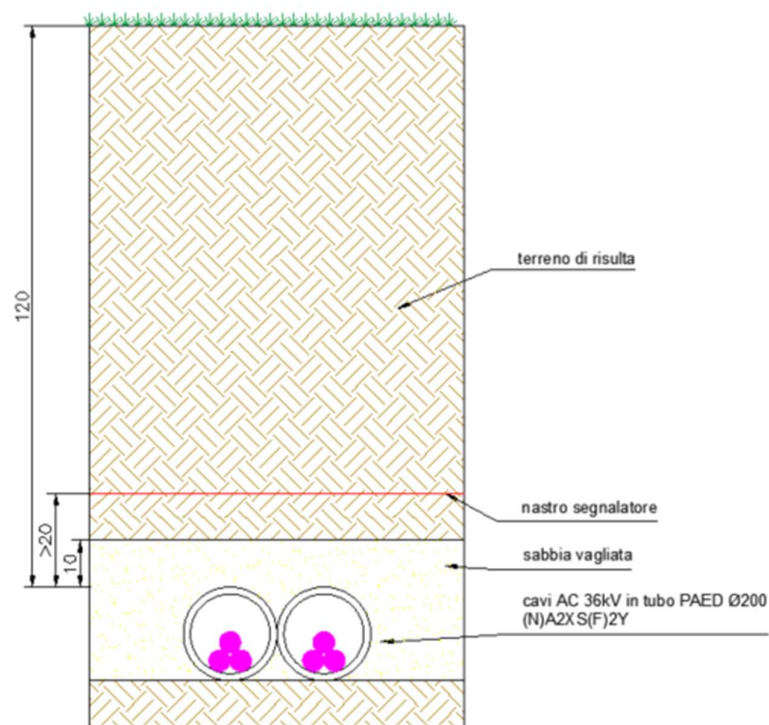
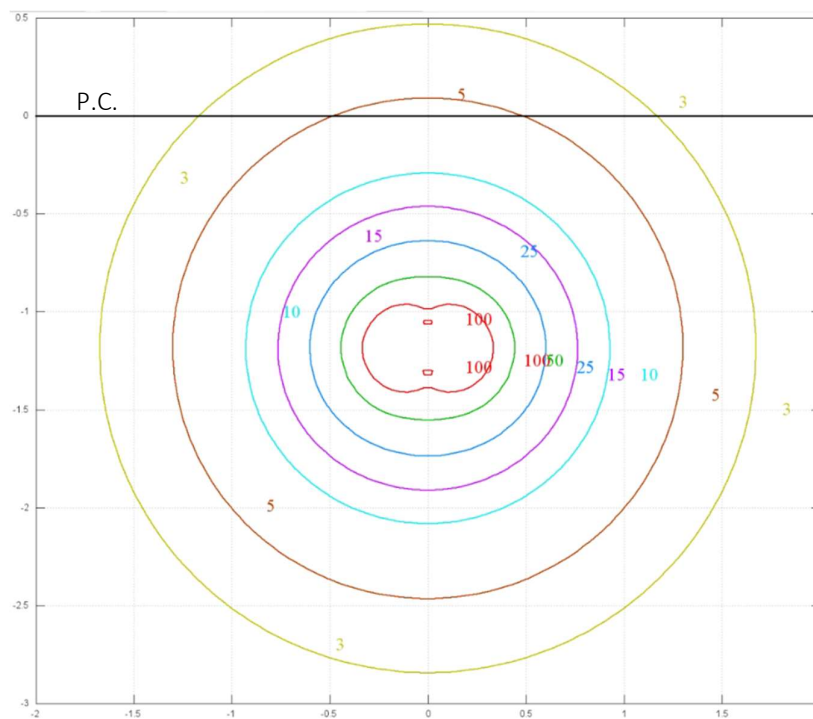


Figura 4 - Sezione più gravosa cavi AT Skid - Cabina di raccolta

La simulazione effettuata con il software MAGIC (MAGnetic Induction Calculation) porta ai seguenti risultati, riportati in figura.



La DPA relativa a questa sezione vale invece **1.7 + 1.7 m** rispetto all'asse geometrico delle due terne.

4.3.3 Cavi AT (opere utente)

La sezione è costituita dalla posa di una terna di conduttori AT, così descrivibile:

- Tipologia cavi: 20.8/36 kV (N)A2XS(F)2Y da 400mmq di sezione
- Profondità di posa: > 120 cm
- Corrente massima calcolata partendo dalla portata del cavo: 547 A

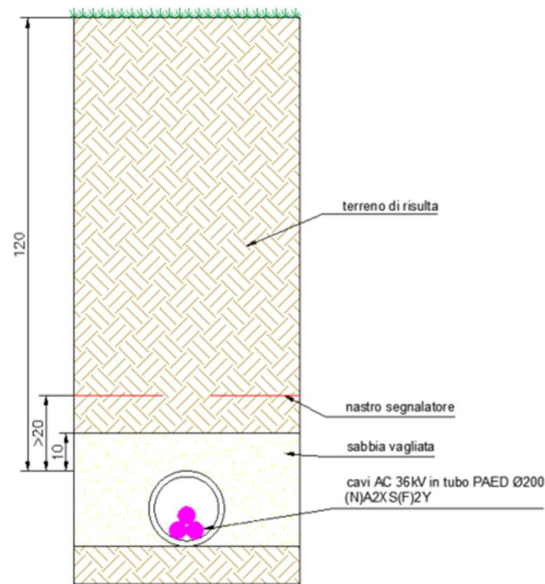
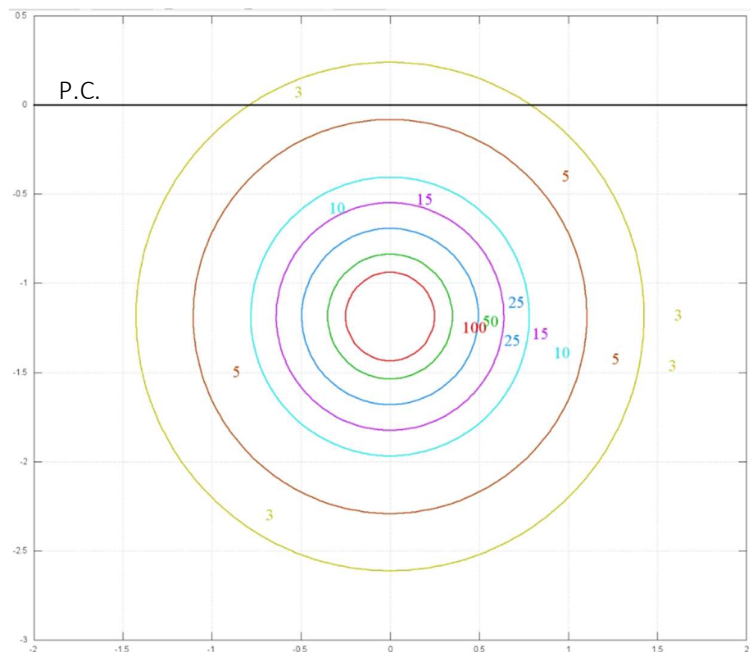


Figura 5 - Sezione opere utente

La simulazione effettuata con il software MAGIC (MAGnetic Induction Calculation) porta ai seguenti risultati, riportati in figura.



La DPA relativa a questa sezione vale invece **1.4 + 1.4 m** rispetto all'asse della terna.

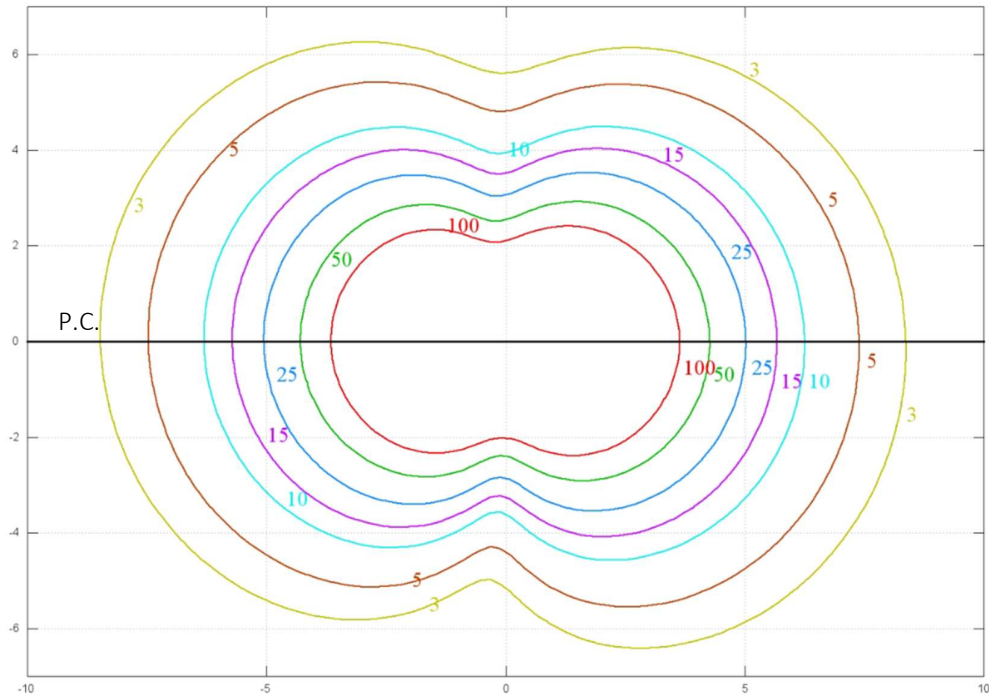
4.3.4 Cabina di trasformazione (skid)

Le cabine di trasformazione sono costituite da box prefabbricati con alimentazione da cavo sotterraneo che conterranno i trasformatori BT/AT da 3.300 kVA.

La DPA delle cabine di trasformazione è stata calcolata tramite il software MAGIC (MAGnetic Induction Calculation); in particolare, essa dipende dalla corrente di bassa tensione del trasformatore. Per tanto, è necessario studiare la connessione presente tra gli inverter e il trasformatore; questa connessione nel tratto finale può essere effettuata in sbarra di rame.

- Per il trasformatore si può considerare di avere 3 sbarre di rame per fase, per un totale di 9 sbarre, in cui le fasi sono distanziate tra di loro di 20 cm.
- Corrente massima in ingresso totale: 4.046 A

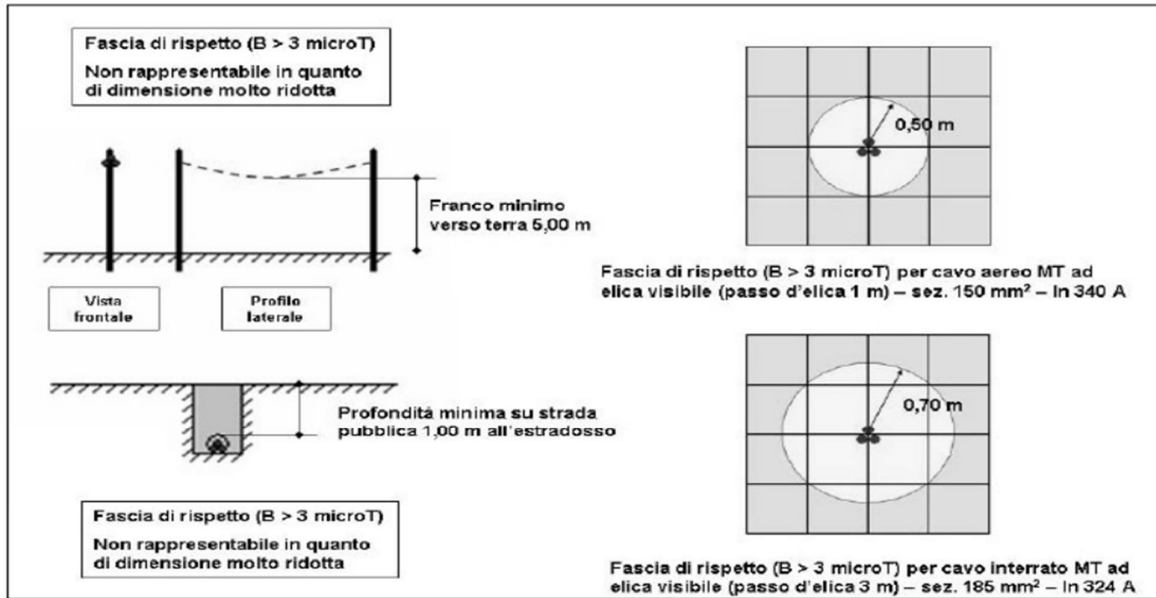
I risultati ottenuti tramite il software MAGIC (MAGnetic Induction Calculation), considerando la configurazione precedentemente esposta, sono:



Dall'analisi si ottiene una **DPA di 8.4 m + 8.4 m**. Tale DPA risulta contenuta all'interno dell'area dell'impianto per tutti i trasformatori presenti.

4.3.5 Linea MT AC interrata in progetto (alternativa proposta alla linea MT aerea esistente)

Secondo quanto previsto dal D.M. 29 maggio 2008 la metodologia di calcolo delle fasce di rispetto di cui all'art. 6 del DPCM 8 luglio 2003 si applica alle linee elettriche aeree ed interrate, esistenti ed in progetto ad esclusione delle linee di MT in cavo cordato ad elica, interrate o aeree (figura sottostante).



N.B. per il cavo interrato di sez. 240 mm², I_n 441 A la fascia di rispetto raggiunge i 0,90 m.

In questi casi le relative fasce di rispetto hanno un'ampiezza ridotta, inferiore alle distanze previste dal DM 21 marzo 1988, n. 449 e dalla norma CEI EN 50341-2-13 "Linee elettriche aeree con tensione superiore a 1 kV in c.a. – Parte 2-13: Aspetti Normativi Nazionali (NNA) per l'Italia (basati sulla EN 50341-1: 2012)." **Non sono quindi calcolate in quanto non necessarie.**

4.3.6 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.

4.3.7 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).

4.3.8 Cabina con quadri di raccolta a 36 kV

Le cabine di raccolta saranno costituite da box prefabbricati, per la determinazione della Distanza di Prima Approssimazione si può fare 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 di questo tipo la **DPA è di 2 m.**

5 Ricettori più vicini

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

Come indicato dalla planimetria sotto riportata, si individuano i ricettori (in **blu** nella figura sotto) più vicini.





Figura 6 – DPA (ciano) e recettori (blu)

In tutti i casi, e di conseguenza per ogni altro recettore più distante di quelli rappresentati, i recettori non vengono interessati da eventuali campi elettromagnetici generati dalle componenti di impianto (intesi come campi elettromagnetici sopra la soglia di qualità di $3 \mu\text{T}$), trovandosi al di fuori della DPA (rappresentate in [ciano](#) nella figura sopra).

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 presenti nell'area, si identifica:

- Come distanza di prima approssimazione dei cavi BT nel caso peggiore (**Sezione A**):

$$\text{DPA} = 2.1 + 2.1 \text{ m}$$

- Come distanza di prima approssimazione dei cavi AT nel caso peggiore (**Sezione B**):

$$\text{DPA} = 1.7 + 1.7 \text{ m}$$

- Come distanza di prima approssimazione dei cavi AT AC di collegamento della cabina con quadri di raccolta a 36 kV e l'ampliamento della Stazione Elettrica 380/132 kV SE RTN "Ferrara Focomorto" (**opere utente**):

$$\text{DPA} = 1.4 + 1.4 \text{ m}$$

- Come distanza di prima approssimazione dai muri delle cabine di trasformazione (**SKID**):

$$\text{DPA} = 8.4 + 8.4 \text{ m}$$

- Come distanza di prima approssimazione dai muri della cabina contenente i quadri di raccolta a 36 kV:

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

- Come distanza di prima approssimazione per il PTO:

Si rimanda a "VIA-02_Elab_PTO_02_DPA_00" e "VIA-02_Rel_PTO_05_Elettromagnetica_00".

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 agrivoltaico, tranne nel caso delle opere di connessione a 36 kV (ma percorso su strade pubbliche o terreni agricoli in cui non è prevista la permanenza di persone e/o animali per più di 4 ore).

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.