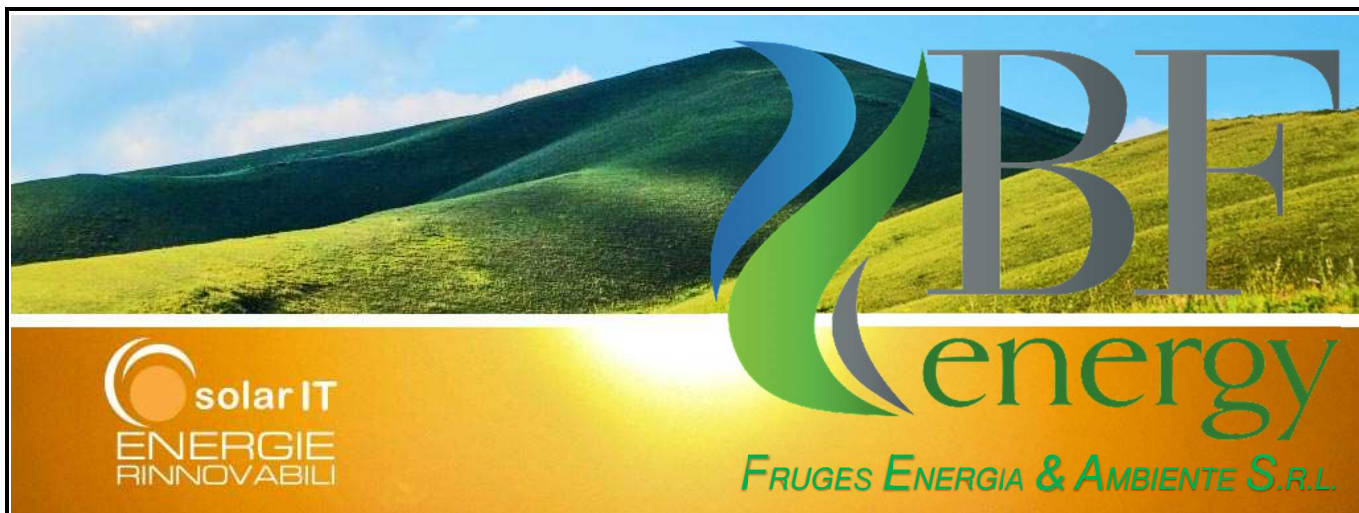




Regione Emilia Romagna
Comune di Jolanda di Savoia (FE)
**IMPIANTO AGRIVOLTAICO
E OPERE CONNESSE**
Potenza Impianto 99,665 MWp



PROPONENTE

BF ENERGY S.R.L.

VIA XXIV Maggio 43 – 00187 ROMA - P.IVA: 15689751004 – PEC: bfenergy@legalmail.it

PROGETTAZIONE

Ing. Massimo Zambello

VIA I. ALPI 4 – 46100 - MANTOVA IT - P.IVA: 02627240209 – PEC: solarit@lamiaptec.it
Tel.: +390425 072 257– email: info@solaritglobal.com

COLLABORAZIONI

Firme / Timbro

FRUGES ENERGIA & AMBIENTE S.R.L.

PIAZZA SANT'AMBROGIO 8 – 20123 MILANO –
P.IVA: 10581360962 – PEC: fruges-ea@legalmail.it

AGI S.r.l.s

Strada Pedemontana snc – 58011 Capalbio (GR)
Tel: 0564386448 – Mail: agisrls01@gmail.com
PROGETTAZIONE
Per. Ind. Giannandrea Argiolas

COORDINAMENTO PROGETTUALE

SOLAR IT S.R.L.



VIA I. ALPI 4 – 46100 - MANTOVA IT - P.IVA: 02627240209 – PEC: solarit@lamiaptec.it
Tel.: +390425 072 257– email: info@solaritglobal.com

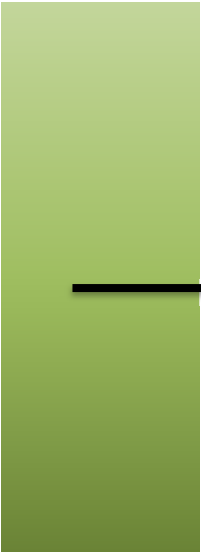
TITOLO ELABORATO

RELAZIONE ANALISI COMPATIBILITA' ELETTRROMAGNETICA

LIVELLO DI PROGETTAZIONE	CODICE ELABORATO	FILE NAME	DATA
DEFINITIVO	JO-RS-R19	IT-23-095-JO-RS-R19_0	21/11/2023

REVISIONI

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
0	21/11/2023	Emesso	GAR	MZA	MZA

A solid green vertical bar on the left side of the page.

RELAZIONE ANALISI COMPATIBILITA'

ELETTROMAGNETICA

Indice

Contenuto del documento

1. SCOPO	3
2. CONTESTO LEGISLATIVO NAZIONALE IN MATERIA DI CAMPI ELETTRROMAGNETICI E TUTELA DELLA SALUTE	4
3. CONTESTO LEGISLATIVO INTERNAZIONALE IN MATERIA DI CAMPI ELETTRROMAGNETICI A TUTELA DELLA SALUTE	6
4. CABINE DI TRASFORMAZIONE E DM 29/05/08.....	7
5. CAMPI ELETTRROMAGNETICI GENERATI DA LINEE IN CAVO	15

1. SCOPO

La società proponente Società BF Energy con sede in Via VIA XXIV Maggio 43 – ROMA (RM) nell'ambito del proprio piano di sviluppo delle fonti energetiche rinnovabili e del proprio piano di sviluppo prevede di realizzare un impianto di produzione da fonte rinnovabile - fotovoltaica - nel Comune di Jolanda di Savoia (FE).

2. CONTESTO LEGISLATIVO NAZIONALE IN MATERIA DI CAMPI ELETTROMAGNETICI E TUTELA DELLA SALUTE

La ricerca scientifica a livello internazionale, condotta soprattutto dalla *Commissione internazionale sulla protezione dalle radiazioni non ionizzanti* (ICNIRP), ha sino ad oggi evidenziato effetti sanitari solo di tipo "acuto" (cioè immediati): in linea con tale indicazione si era mosso il legislatore italiano con il D.P.C.M. del 23 aprile 1992 relativo ai "*Limiti massimi di esposizione ai campi elettrico e magnetico generati alla frequenza industriale nominale (50 Hz) negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno*" (pubblicato sulla G.U. n. 104 del 6 maggio 1992) e successivo DPCM del 28 settembre 1995 (pubblicato sulla G.U. n. 232 del 4 ottobre 1995) che stabilisce le norme tecniche procedurali di attuazione del precedente relativamente agli elettrodotti.

In tabella 1 sono riassunti i limiti di esposizione fissati dal D.P.C.M. del 23 aprile 1992.

	CAMPO ELETTRICO (E)	INDUZIONE MAGNETICA (B)
Per aree o ambienti in cui si trascorra una parte significativa della giornata	5kV/m	100 μ T
Per esposizioni ragionevolmente limitate a poche ore al giorno	10kV/m	1 μ T (=1000 μ T)

Tabella 1 - Limiti di esposizione per ELF 50Hz stabiliti dal DPCM 23 Aprile 1992

In conseguenza della promulgazione della legge quadro sull'inquinamento elettromagnetico n. 36 del 22 febbraio 2001 il legislatore ha previsto l'approvazione di tre decreti attuativi per la determinazione rispettivamente di:

- limiti delle esposizioni ai campi elettromagnetici a 50 Hz per la popolazione
- limiti delle esposizioni a campi fino da 100 kHz a 3 GHz per la popolazione
- limiti per i lavoratori

Tali decreti, a titolo di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine dell'esposizione ai campi elettromagnetici non precedentemente considerati, prevedono la definizione sia di limiti massimi di intensità di campo da non superare in alcun caso (limiti di esposizione) sia di limiti inferiori intesi come valori di attenzione e obiettivi di qualità da raggiungere.

Per quanto attiene alle basse frequenze, nella G.U. n. 200 del 29 agosto 2003 è stato pubblicato il D.P.C.M. 8 luglio 2003 relativo alla "*Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione*

e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti".

Tale D.P.C.M. in sostanza conferma i limiti di esposizione massima stabiliti nel 1992 aggiungendo ulteriori soglie di esposizione più restrittive in aree particolarmente sensibili quali scuole, abitazioni ecc.

All'art. 1 comma 3 il D.P.C.M. precisa inoltre che a tutela delle esposizioni a campi a frequenze comprese tra 0 Hz e 100 kHz, generati da sorgenti non riconducibili agli elettrodotti (ai fini del decreto gli elettrodotti comprendono le linee elettriche, le sottostazioni e le cabine di trasformazione, comprese le cabine MT/BT), si applica l'insieme completo delle restrizioni stabilite nella raccomandazione del Consiglio dell'Unione Europea del 12 luglio 1999 pubblicata nella G.U.C.E. n. 199 del 30 luglio 1999, che risulta rettificata dalla direttiva europea 2004/40/CE e recepita dallo stato italiano tramite il D.Lgs. n. 257 del 19/11/2007 e integrato nel testo unico della sicurezza (D.Lgs. n. 81 del 09/04/2008).

In tabella 2 sono riassunti i limiti di esposizione fissati dal D.P.C.M. del 8 luglio 2003.

	CAMPO ELETTRICO (E)	INDUZIONE MAGNETICA (B)
Limite di esposizione inteso come valore efficace istantaneo	5kV/m	100μT
Valore di attenzione inteso come mediana dei valori nell'arco delle 24h (nelle aree di gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e in luoghi adibiti a permanenze non inferiori a 4 ore giornaliere)	Non precisato	10μT
Obiettivo di qualità inteso come mediana dei valori nell'arco delle 24h (nelle aree di gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e in luoghi adibiti a permanenze non inferiori a 4 ore giornaliere) da raggiungere nella	Non precisato	3μT

progettazione di nuove aree		
-----------------------------	--	--

Tabella 2 - Limiti di esposizione per ELF 50Hz stabiliti dal DPCM 8 Luglio 2003

Il D.Lgs. 9 aprile 2008, n. 81, al titolo VIII Capo IV - protezione dei lavoratori dai rischi di esposizione a campi elettromagnetici - recepisce la direttiva europea 2004/40/CE sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici)" (vedi contesto legislativo internazionale). Abbiamo infine il DM 29-05-08 che fornisce una metodologia di calcolo per la valutazione della distanza di prima approssimazione da mantenere da elettrodotti e da cabine di trasformazione realizzate secondo standard di riferimento nazionali per soddisfare gli obiettivi di qualità indicati dal D.P.C.M. 8 luglio 2003.

3. CONTESTO LEGISLATIVO INTERNAZIONALE IN MATERIA DI CAMPI ELETTROMAGNETICI A TUTELA DELLA SALUTE

A livello europeo, nel 1999 la Commissione predisposta dalla Comunità Europea ha elaborato una raccomandazione per gli stati membri sul tema dell'esposizione ai campi elettromagnetici. Il documento finale è stato pubblicato sulla G.U.C.E. delle Comunità Europee il 30 luglio 1999, come *"Raccomandazione del Consiglio del 12 luglio 1999, relativa alla limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0 a 300GHz"* (1999/519/CE). La raccomandazione riporta due tabelle, una relativa ai "limiti di base" ed una relativa ai "livelli di riferimento".

L'obiettivo dei "limiti di base" è di proteggere i tessuti del sistema nervoso centrale nella testa e nel torace dagli effetti gravi da esposizione acuta. Tali limiti si riferiscono a valori di campo difficilmente misurabili: per esempio per il campo a 50 Hz viene fissata una densità di corrente di 2 mA/mq. Di più agevole misurazione sono i "livelli di riferimento" ottenuti dai limiti precedenti nella situazione di massimo accoppiamento fra campo e individuo esposto.

In tabella 3 si riportano i "limiti di riferimento" di esposizione secondo la 1999/519/CE.

	CAMPO ELETTRICO (E)	INDUZIONE MAGNETICA (B)
0,025 – 0,8 kHz	250/f ¹ V/m (5kV/m per f=0,05kHz)	5/f ¹ μT (100μT per f=0,05kHz)
¹ f Frequenza nominale rete espressa in kHz		

Tabella 3 - Limiti di esposizione per ELF 50Hz stabiliti dalla Raccomandazione del Consiglio 519 del 12 Luglio 1999 per la popolazione

Si evidenzia che tale raccomandazione europea è stata riconosciuta solo nel 2003 appunto dal

D.P.C.M. del 8 luglio 2003, che gli attribuisce valenza normativa solo per gli aspetti che non sono stati trattati dallo stesso D.P.C.M.

Successivamente a livello europeo nell'anno 2004 la Commissione predisposta dalla Comunità Europea ha elaborato una rettifica con la direttiva 2004/40/CE *"prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici)"*. Il documento finale è stato pubblicato sulla G.U. dell'Unione europea L159 del 30 aprile 2004.

La direttiva riporta due tabelle, una relativa ai limiti di esposizione ed una relativa ai limiti di azione per i campi elettromagnetici.

I valori limite di esposizione rappresentano i limiti di esposizione a campi elettromagnetici che sono basati direttamente sugli effetti sulla salute accertati e su considerazioni biologiche. Il rispetto di questi limiti garantisce che i lavoratori esposti ai campi elettromagnetici sono protetti contro tutti gli effetti nocivi per la salute conosciuti.

I valori di azione rappresentano l'entità dei parametri direttamente misurabili, espressi in termini di campo elettrico (E), intensità di campo magnetico (H), induzione magnetica (B) e densità di potenza (S), che determinano l'obbligo di adottare una o più delle misure specificate nella presente direttiva. Il rispetto di questi valori assicura il rispetto dei pertinenti valori limite di esposizione.

In tabella 4 si riportano i "valori di azione" per lavoratori esposti secondo la 2004/40/CE.

	CAMPO ELETTRICO (E)	INDUZIONE MAGNETICA (B)
0,025 – 0,82 kHz	500/f ¹ V/m (10kV/m per f=0,05kHz)	25/f ¹ μT (500μT per f=0,05kHz)
¹ f Frequenza nominale rete espressa in kHz		

Tabella 4 – Valori di azione per lavoratori esposti stabiliti dalla direttiva 2004/40/CE

4. CABINE DI TRASFORMAZIONE E DM 29/05/08

Riepilogando il quadro legislativo sopra esposto possiamo affermare quanto segue.

In base all'art. 6 del DPCM 08/07/2003 il proprietario di elettrodotti e di cabine di trasformazione deve individuare e comunicare alle autorità di controllo la fascia di rispetto dei propri impianti e l'art. 14 della legge 36/01 individua nelle Arpa le autorità di controllo.

Le autorità di controllo verificano che all'interno della fascia di rispetto (campo magnetico superiore a 3μT) non siano presenti scuole, aree giochi e abitazioni; se fossero presenti

verrebbe negata l'autorizzazione alla realizzazione dell'impianto. Analogamente, una volta concessa l'autorizzazione alla realizzazione dell'impianto, verrà negata in futuro la possibilità di costruire scuole, aree giochi e abitazioni all'interno delle aree di rispetto individuate.

Sempre all'art. 6 del DCPM 08/07/2003 viene attribuito all'APAT-ARPA il compito di definire la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto. Detta metodologia è stata definita mediante il DM 29/05/08.

La metodologia riportata nel DM 29/05/08 prevede l'individuazione di una distanza di prima approssimazione (Dpa) intesa come distanza da ciascuna delle pareti (tetto, pavimento e pareti laterali) della cabina oltre la quale il campo magnetico dovrebbe presentare valori inferiori ai $3\mu T$.

La metodologia indicata dal DM 29/05/08 per l'individuazione delle distanze di prima approssimazione si riferisce a cabine di ultima generazione, realizzate secondo gli standard di riferimento nazionali; in particolare, tale metodologia si applica a cabine tipo box (con dimensioni mediamente di 4 x 2,4 m, altezze di 2,4 e 2,7 m e trasformatore da 250-400-630 kVA).

Per tipologie di cabine differenti, i soggetti tenuti al calcolo delle fasce dovranno valutare se alle tipologie delle cabine in progetto è applicabile la metodologia proposta; in caso contrario dovranno provvedere all'individuazione delle specifiche fasce.

La struttura semplificata sulla base della quale viene calcolata la Dpa è un sistema trifase, percorso da una corrente pari alla corrente nominale di bassa in uscita dal trasformatore e con distanza tra le fasi pari al diametro reale (conduttore + isolante) dei cavi in uscita dal trasformatore stesso. I dati di ingresso per il calcolo della Dpa per le cabine di trasformazione sono pertanto la corrente nominale di bassa tensione del trasformatore ed il diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore.

La formula utilizzata è la seguente:

$$\frac{Dpa}{\sqrt{I}} = 0,40942 \times x^{0,5241}$$

dove:

Dpa = distanza di prima approssimazione [m]

I = corrente nominale del trasformatore [A]

x = diametro dei cavi in uscita dal trasformatore [m]

Ricavato il valore di Dpa esatto si approssima al mezzo metro superiore.

La configurazione delle cabine di trasformazione del caso in esame è di tipo complesso; pertanto, la valutazione viene effettuata partendo dal modello tridimensionale delle apparecchiature della cabina di impianto e delle stazioni di trasformazione e delle grandezze elettriche in gioco.

Nel progetto in esame la cabina di impianto alloggia il trasformatore servizi da 50kVA 30/0,4kV ed il quadro di media tensione mentre le stazioni di trasformazione sono costituite da un quadro BT, un quadro MT ed un trasformatore.

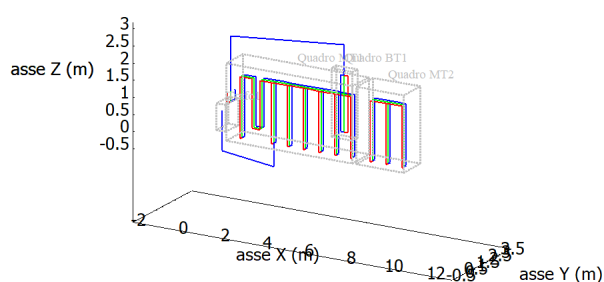
Le stazioni di trasformazione presenti sono 17; 16 con un trasformatore 30/0,8kV da 6660kVA ed una con trasformatore da 2200kVA.

Per il calcolo, in via peggiorativa, è stata considerata la stazione con trasformatore da 6660kVA a monte della linea più carica (nell'impianto sono infatti presenti 7 linee MT che alimentano in configurazione entra-esce gruppi di stazioni di trasformazione).

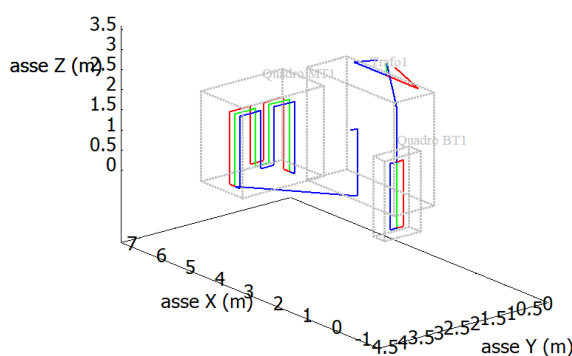
La cabina di impianto è costituita da una struttura in pannelli prefabbricati mentre le stazioni di trasformazione saranno alloggiate all'interno di un container.

Il posizionamento delle linee prevede la posa di conduttori unipolari in piano.

Il posizionamento delle apparecchiature è rappresentato nella figura seguente.



Cabina di impianto



Stazione di trasformazione

Il calcolo del campo elettromagnetico generato per le due configurazioni è stato effettuato su

un piano posto a 5 diverse quote (0, 0,5, 1, 1,5 e 2m) ed il risultato è stato rappresentato con la curva isolivello 3 μ T.

I dati di input principali sono stati i seguenti

CABINA DI IMPIANTO

Trasformatore servizi

P_n	50kVA
V_n	30/0,4kV
I_{bt}	1A

Quadro MT

Arrivo linea	1918,06A
Interruttore SF6	1918,06A
Partenza 1 stazioni trasformazione	201,20A
Partenza 2 stazioni trasformazione	254,85A
Partenza 3 stazioni trasformazione	223,14A
Partenza 4 stazioni trasformazione	246,31A
Partenza 5 stazioni trasformazione	351,79A
Partenza 6 stazioni trasformazione	399,34A
Partenza 7 stazioni trasformazione	241,43A

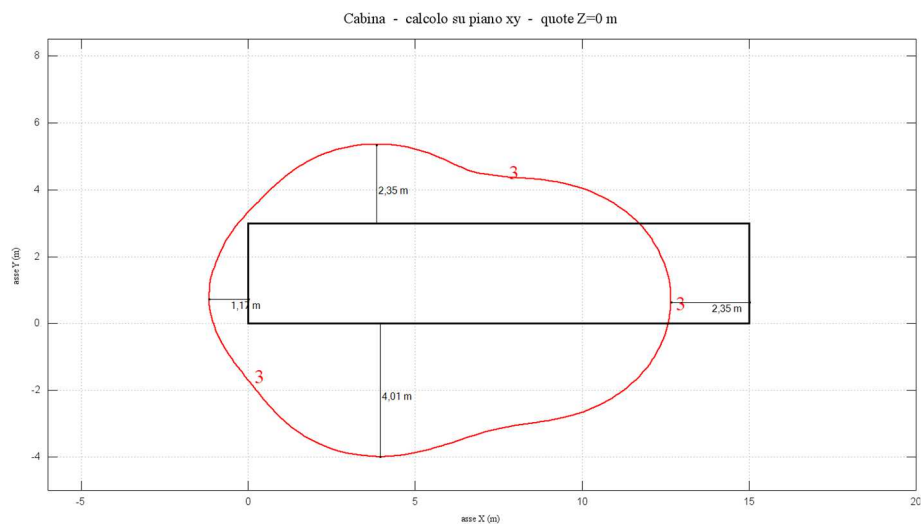
Linea MT trasformatore servizi

Assorbimento	1A
--------------	----

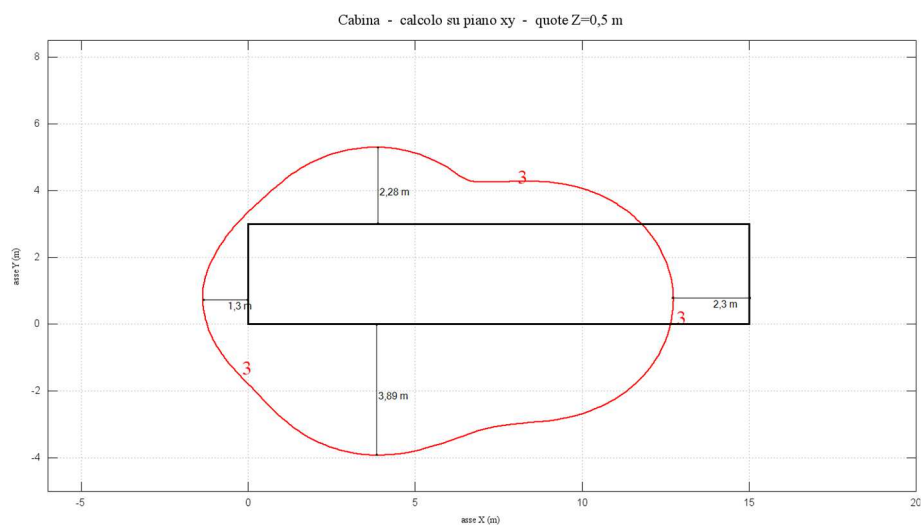
Quadro BT

Corrente ingresso	72A
-------------------	-----

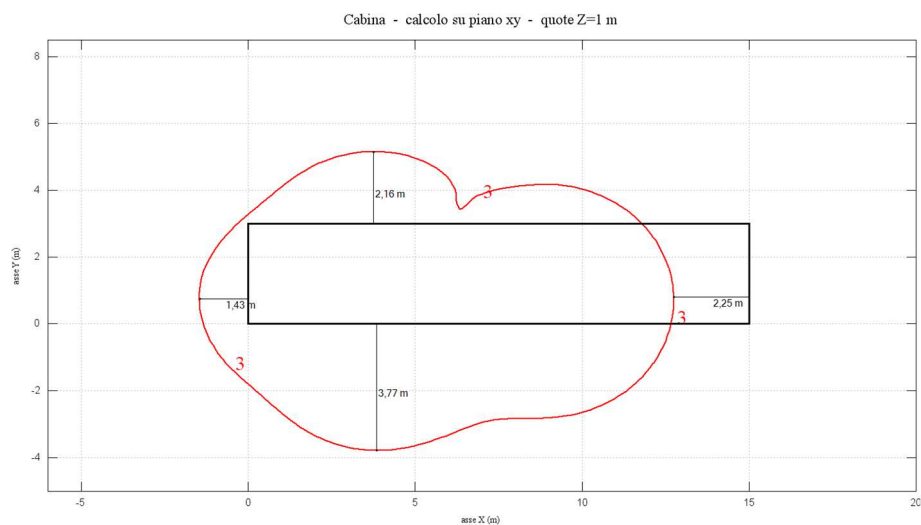
Di seguito è rappresentato l'andamento della curva isolivello 3 μ T alle quote precedentemente indicate.



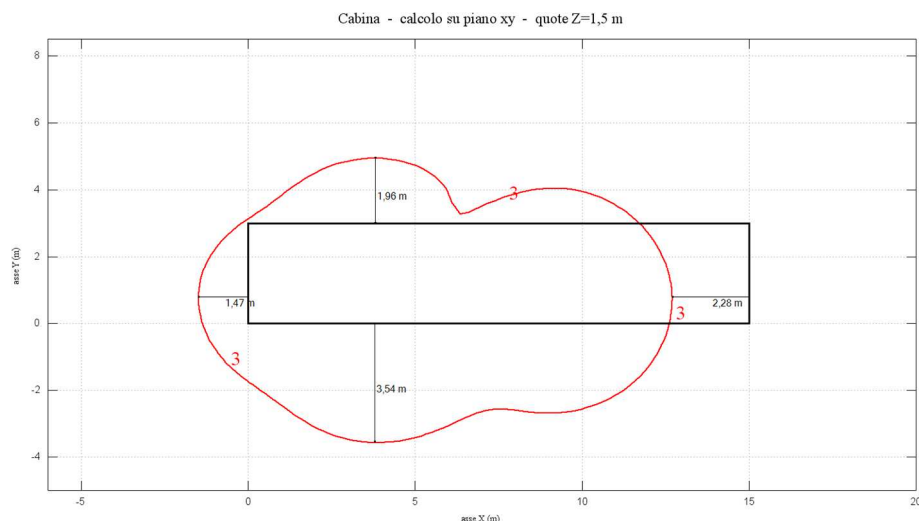
Cabina di impianto – Quota 0m



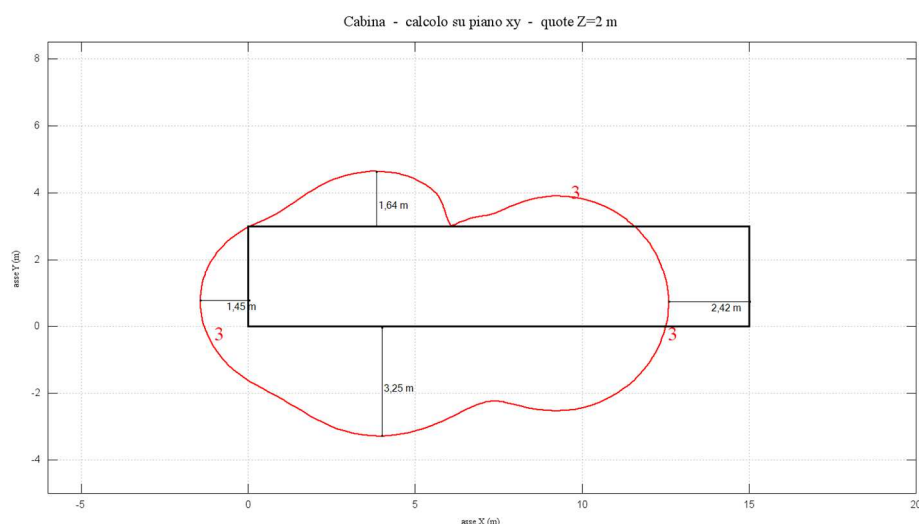
Cabina di impianto – Quota 0,5m



Cabina di impianto – Quota 1m



Cabina di impianto – Quota 1,5m



Cabina di impianto – Quota 2m

Come è possibile evincere, l'obiettivo dei $3\mu T$ è raggiunto nella condizione peggiore ad una distanza di 4m dalla cabina di impianto e non inficia l'estrema destra della cabina dove potrebbe trovarsi un operatore.

In ogni caso in tali zone non è prevista la presenza di persone per un periodo superiore alle 4 ore nell'arco della giornata anche in considerazione del fatto che per effettuare manutenzioni di tale durata sulla cabina l'impianto viene messo fuori servizio.

STAZIONE DI TRASFORMAZIONE

Trasformatore

P_n

6660kVA

V_n	30/0,8kV
I_{bt}	128,17A

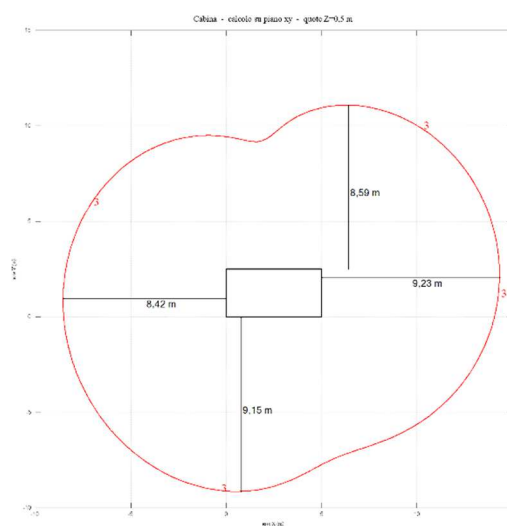
Quadro MT

Arrivo linea	399,34A
Interruttore	1918,06A
Interruttore trasformatore	128,17A
Interruttore partenza linea	271,17A

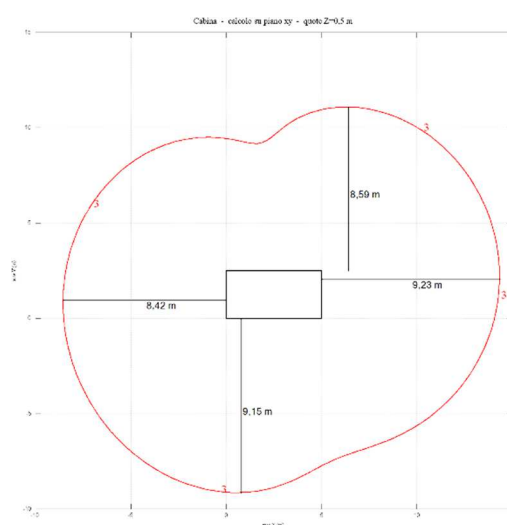
Quadro BT

Corrente ingresso	5340A
-------------------	-------

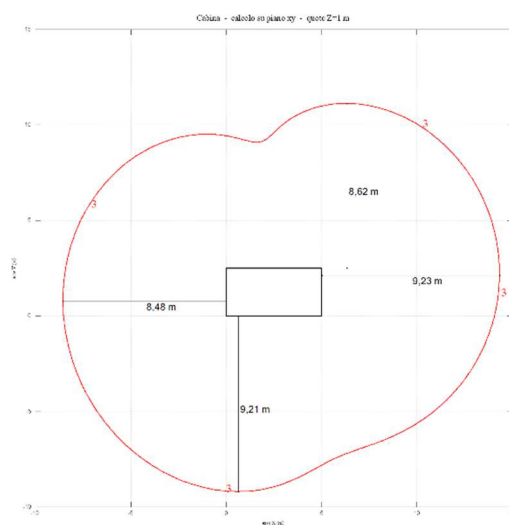
Di seguito è rappresentato l'andamento della curva isolivello $3\mu T$ alle quote precedentemente indicate.



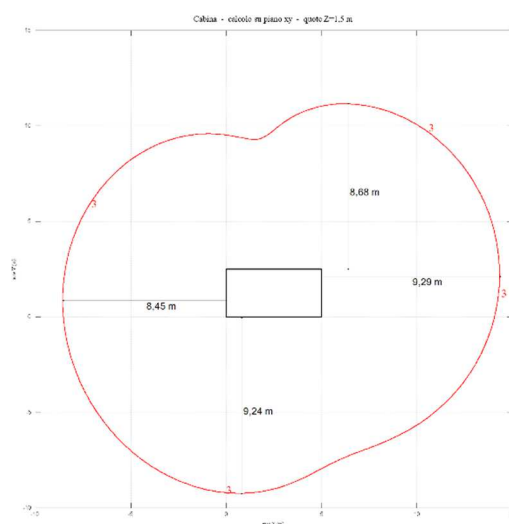
Stazione di trasformazione – Quota 0m



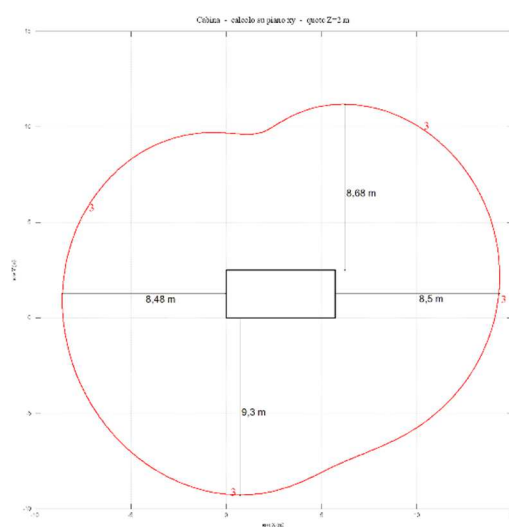
Stazione di trasformazione – Quota 0,5m



Stazione di trasformazione – Quota 1m



Stazione di trasformazione – Quota 1,5m



Stazione di trasformazione – Quota 2m

Come è possibile evincere, l'obiettivo dei $3\mu\text{T}$ è raggiunto nella condizione peggiore ad una distanza di poco superiore ai 9m dalla stazione di trasformazione.

Le attività agricole svolte nelle aree con induzione magnetica superiore a $3\mu\text{T}$, come del resto in tutta l'area di impianto, non portano alla permanenza del personale per una durata di tempo superiore alle 4 ore nell'arco della giornata e le eventuali operazioni di manutenzione sulla stazione di trasformazione necessitano della sua messa fuori servizio.

5. CAMPI ELETTROMAGNETICI GENERATI DA LINEE IN CAVO

Linee MT

Le linee MT in cavo presenti all'interno dell'impianto in progetto sono quelle che collegano tra loro le stazioni di trasformazione con la cabina di impianto interrate ad una profondità di 1m.

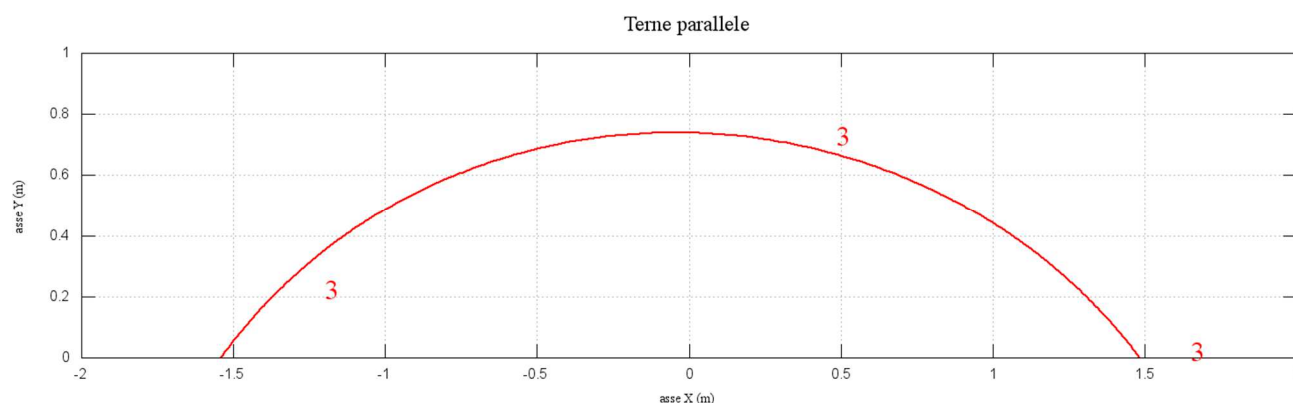
Dal momento che le 7 linee MT in partenza dalla cabina di impianto seguono direzioni contrapposte (4 verso ovest e 3 verso est) la valutazione viene fatta sul primo tratto di percorso che dalla cabina di impianto raggiunge le stazioni di trasformazione 5 e 6 (rispettivamente ad ovest ed est della cabina di impianto) in quanto risulta essere quello più svantaggiato dal punto di vista delle correnti in gioco.

Nel tratto sono presenti 4 terne affiancate di cavi in alluminio interrati posti a trifoglio con le seguenti caratteristiche.

TRATTA	CORRENTE (A)	SEZIONE DEL CONDUTTORE (mmq)	DIAMETRO DEL CONDUTTORE (mm)
Cabina Impianto – Stazione di trasformazione 5	246,31	3 x 1 x 150	41
Cabina Impianto – Stazione di trasformazione 3	351,79	3 x 1 x 300	47
Cabina Impianto – Stazione di trasformazione 14	399,34	3 x 1 x 400	51,1
Cabina Impianto – Stazione di trasformazione 12	241,43	3 x 1 x 150	41

Il calcolo del campo elettromagnetico generato dalle linee è stato eseguito verificando l'andamento dell'induzione magnetica su un piano ortogonale alla linea elettrica.

Il grafico seguente rappresenta l'andamento della curva isolivello $3\mu\text{T}$.



E' evidente come da poco meno di 80cm dal terreno e ad 1,5, dal baricentro delle linee interrato, sia raggiunto l'obiettivo di qualità

E' bene ricordare che le lavorazioni previste nell'area, soprattutto in considerazione dell'uso di macchine agricole, porta il personale presente a non trovarsi in permanenza in tali aree per un periodo superiore alle 4 ore nell'arco della giornata.

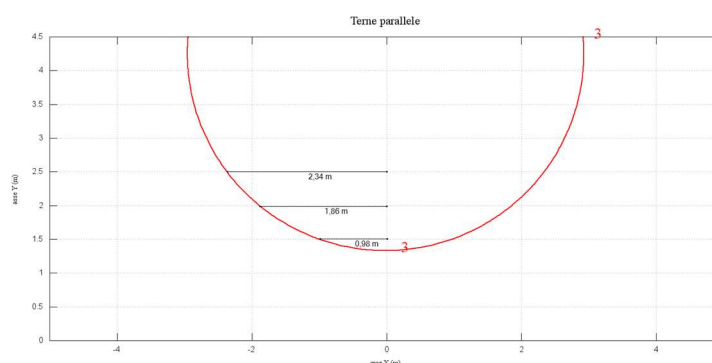
Linee BT

Le linee BT in cavo collegano gli inverter dislocati in campo ai quadri BT delle stazioni di trasformazione.

Tali linee elettriche sono realizzate con cavi unipolari in alluminio posti in piano ad un'altezza di circa 4,2m fissati alle strutture dei tracker.

Ne consegue, considerando che gli operatori alla guida di una macchina agricola possano trovarsi ad un'altezza dal suolo di 2,5m, questa può considerarsi come quota di riferimento per la valutazione dell'induzione magnetica.

Per il calcolo, è stato considerato che le stazioni di trasformazione possono ricevere fino a 38 inverter la cui corrente nominale è pari a 140A ed i conduttori diametro di 27,9mm. Dal momento che le stazioni si trovano in posizione baricentrica rispetto agli inverter serviti, potremo avere tratti con 19 linee di alimentazione.



Dall'andamento della curva isolivello dei $3\mu\text{T}$ si nota come a 2,5m di altezza la curva si estenda fino a 2,34m dall'asse dei cavi. Pur considerando lavorazioni longitudinali ai tracker, la distanza di 2,34m è raggiunta per il tempo strettamente necessario alla percorrenza dei circa 200m di tracciato in cui coesistono le 19 linee elettriche.

E' quindi possibile asserire anche in questo caso che vi sia l'impossibilità di una permanenza per un periodo superiore alle 4 ore nell'arco della giornata nelle zone con induzione magnetica superiore a $3\mu\text{T}$.