

**COMUNE DI  
COLLESALVETTI**

Provincia di Livorno



COORDINAMENTO PROGETTUALE  
**Fruges ENERGIA & AMBIENTE**

PROGETTO

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI IMPIANTO FOTOVOLTAICO SU CAR-PORT  
CON STRUTTURA METALLICA PER IL COMPOUND LOGISTICO AUTOPARCO  
"IL FALDO" - LOC. VICARELLO - COLLESALVETTI (LI)

FASE

Studio di Impatto Ambientale

OGGETTO

**RELAZIONE VALUTAZIONE IMPATTO  
ELETTROMAGNETICO**

LOCALIZZAZIONE

Via Pisana Livornese Nord, 97, Fraz. Vicarello - 57014 Collesalveti (LI)

PROGETTISTI

**Per. Ind. Giannandrea ARGIOLAS**  
Via Torino n.16  
58011 CAPALBIO (GR)  
C.F.: RGLGNN70M22H501P  
P.Iva: 01057240531

COMMITTENTE

**AUTOTRADE & LOGISTICS S.P.A.**  
Via Varesina, 162  
20156 Milano (MI)  
P.Iva: 12507570153  
Leg. Rappr.: Roberto Giacobone  
C.F.: GCBRRRT60L18F205T

## INDICE

1. STAZIONE AT/MT – LINEE AT IN CAVO - PREMESSA	2
Sottostazione MT/AT di Utenza	2
Linea di connessione in alta tensione	3
Sottostazione di trasformazione Utente – valutazione preliminare campi elettromagnetici	3
Linea elettrica interrata 132 kV -valutazione preliminare campi elettromagnetici	5
2. LINEE MT E BT E CABINE DI TRASFORMAZIONE	7
3. CAMPI ELETTROMAGNETICI GENERATI DA LINEE IN CAVO MT	15
4. CAMPI ELETTROMAGNETICI GENERATI DA LINEE IN CAVO BT	19
5. RIFERIMENTI NORMATIVI	22

## **1. STAZIONE AT/MT – LINEE AT IN CAVO - PREMESSA**

La Società Autotrade & Logisticis intende realizzare un impianto fotovoltaico su strutture metalliche, costituenti pensiline per il parco macchine, presso il compound logistico “Autoparco Il Faldo” in località Vicarello, comune di Collesalveti (LI).

Vista la potenza installata, è necessario procedere alla connessione del parco fotovoltaico alla rete nazionale di trasporto dell’energia elettrica in alta tensione.

Secondo quanto previsto dal preventivo di connessione prot. n. 20230017464 rilasciato da Terna SpA in data 15/02/2023, l’impianto si collegherà alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) per l’immissione dell’energia elettrica prodotta attraverso una sottostazione utente di trasformazione e consegna da collegare in antenna a 132 kV sulla futura Stazione Elettrica (SE) a 132 kV denominata “Collesalveti”, di cui al Piano di Sviluppo Terna.

La suddetta stazione elettrica (SE) di Terna rimane in capo al gestore di rete, mentre la sottostazione di trasformazione e la linea di collegamento fra i due impianti sono “opere di Utenza”. Queste ultime vengono descritte nella presente relazione.

Le aree interessate dalle opere per la connessione sono situate complessivamente nel comune di Collesalveti (LI).

L’area su cui sorgerà la sottostazione utente è interna al centro logistico oggetto dell’installazione del parco fotovoltaico, mentre la linea elettrica interrata si svilupperà per circa 7,6 km prevalentemente su viabilità pubblica o terreni demaniali.

### **Sottostazione MT/AT di Utenza**

La Sottostazione di utenza si comporrà di un reparto AT con apparecchiature isolate in aria ed un edificio di servizio, atto ad ospitare il reparto di media tensione ed il sistema di protezione e controllo.

Il reparto di alta tensione (132 kV) sarà composto da un unico montante che presenterà sia il trasformatore AT/MT sia la partenza della linea in cavo e sarà dotato di organi di sezionamento di linea e di terra, di organi di interruzione e di misura della tensione e della corrente sia per fini fiscali e commerciali che di protezione.

La disposizione elettromeccanica prevede l’utilizzo di apparecchiature elettriche esercite con sistema tipo AIS (Air Insulated System) di tipo standard. I collegamenti tra le apparecchiature, isolate in aria, saranno realizzati con tubo in alluminio avente diametro esterno  $\varnothing 40\text{mm}$  e diametro interno  $\varnothing 30\text{mm}$ . L’edificio sarà del tipo prefabbricato con tetto piano e avrà funzione di mero vano tecnico, per ospitare i quadri di media tensione ed i quadri di comando e controllo. Si sviluppa su un piano terra con sottostante vasca di smistamento cavi.

### Linea di connessione in alta tensione

Trattasi di linea elettrica realizzata con una terna di cavi unipolari eserciti alla tensione nominale di 132 kV, necessaria per il collegamento fra la sottostazione di trasformazione Utente e lo stallo nella nuova stazione Terna.

Il percorso, in uscita dall'area di pertinenza del centro logistico, prende la strada arginale che costeggia il canale scolmatore d'Arno per circa 4,5 km. Qui sarà realizzato in sottopasso del canale con la tecnica della trivellazione orizzontale controllata (TOC), che permetterà di superare sia il canale principale sia il canale secondario.

L'uscita della TOC è prevista nella zona di rispetto della strada di grande comunicazione Firenze – Pisa – Livorno, in area verde. Da qui, la linea sarà posata lungo la strada statale (raccordo in uscita) per circa 1,8 km e poi lungo la SP 555 per circa 700 m, dalla quale si avrà l'accesso alla nuova stazione Terna. La posizione di quest'ultima è al momento ipotetica: la stessa sarà meglio definita nel corso autorizzativo della medesima. Si prevede la posa in TOC anche per il superamento della rotonda di accesso all'interporto, sia per motivi di viabilità sia per la presenza di un canale irriguo.

I cavi saranno posati, con formazione “a trifoglio”, entro tubazioni in PVC interrati alla profondità minima di m 1,50.

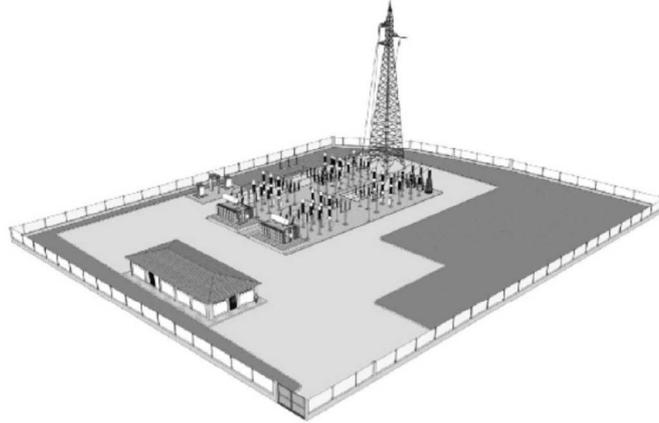
### Sottostazione di trasformazione Utente – valutazione preliminare campi elettromagnetici

Nella sottostazione elettrica non è prevista la presenza di personale, se non per interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria; non trovano quindi diretta applicazione le leggi in materia di limiti massimi di esposizione ai campi elettrico e magnetico (Legge 36/2001 e D.P.C.M. 08/07/2003).

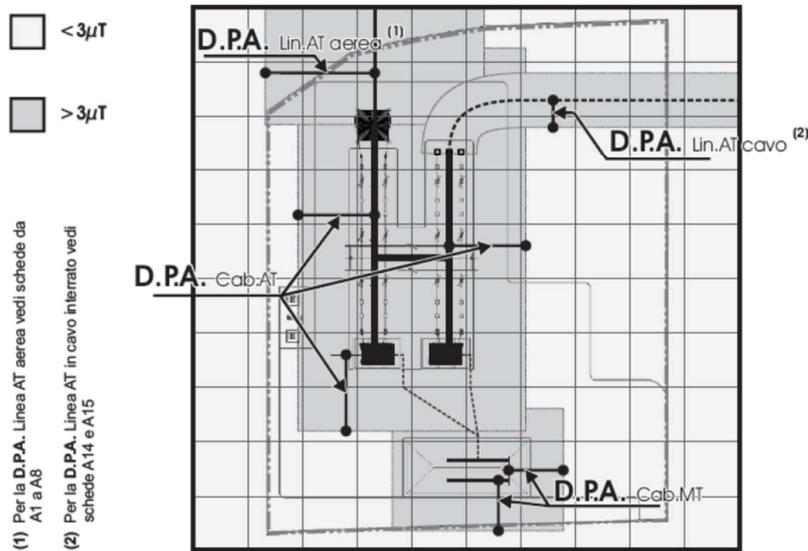
Tuttavia la normativa richiede che i valori di attenzione e qualità sopra riportati siano contenuti entro i confini di competenza.

Per quanto riguarda la determinazione preliminare dei valori di campo elettrico e magnetico generati dai nuovi impianti (cabina Utente) e alle conseguenti fasce di rispetto, si può far riferimento alla Linea Guida per l'applicazione del par. 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.2008 “Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche” emesse dal Gruppo Enel; in particolare si fa riferimento all'allegato A “DPA per Linee AT e Cabine Primarie”, schema A16, che qui si riporta:

A16 - Cabina primaria isolata in aria (132/150-15/20 kV)



RAPPRESENTAZIONE DELLA FASCIA DI RISPETTO E DELLA D.P.A.



Tipologia trasformatore [MVA]	CABINA PRIMARIA						
	D.P.A. Cab. da centro sbarre AT	Distanza tra le fasi AT	Corrente	D.P.A. Cab. da centro sbarre MT	Distanza tra le fasi MT	Corrente	Riferimento
	m	m	A	m	m	A	
63	14	2.20	870	7	0.38	2332	A16

Nella progettazione esecutiva dell'impianto si terrà conto di dette fasce di rispetto: infatti è prassi dimensionare l'impianto ed ubicare in particolare le recinzioni in maniera che al di fuori di esse non vi siano superamenti dei limiti di qualità previsti per i campi elettrico e magnetico.

Si può quindi concludere che l'impianto, nella sua configurazione finale, non comporterà livelli di emissione di campo elettrico e magnetico al di fuori della pertinente area recintata, tali da superare i limiti imposti dalle suddette norme; i campi elettrici e magnetici esterni all'area recintata saranno riconducibili ai soli valori generati dalla linea interrata uscente, per la quale si rimanda al paragrafo successivo.

### Linea elettrica interrata 132 kV -valutazione preliminare campi elettromagnetici

Allo stato attuale della progettazione, si prevede che il collegamento fra la cabina Utente e la Stazione Terna sia realizzato con una linea interrata composta da una terna di cavi posata a trifoglio, interrata ad una profondità tipica di circa 1,50 m dal piano di campagna, esercita alla tensione di 132 kV.

Per quanto riguarda il campo elettrico, si rileva che, data la natura elettrica e di funzionamento di ogni cavo, lo stesso risulta elaborato, pressoché nella sua interezza, all'interno dello strato isolante e degli strati semiconduttivi del cavo stesso; di conseguenza la guaina esterna del cavo, a contatto con il terreno, assumerà potenziale nullo.

Per quanto riguarda il livello di campo magnetico, si rileva innanzitutto che il percorso si trova distante da edifici e luoghi sensibili. L'obiettivo sarà quindi di mantenere il valore di  $100\mu\text{T}$  al di sotto del piano di calpestio ed individuare una fascia dall'asse dei cavidotti oltre la quale il valore di campo magnetico si attesta al di sotto dei  $3\mu\text{T}$  (stima della distanza di prima approssimazione).

Il calcolo di dettaglio potrà essere sviluppato in sede di progetto esecutivo, una volta individuato e dimensionato in maniera definitiva il cavo da utilizzare.

Tipicamente si può affermare che la posa ad una profondità di 1,50 m dal piano campagna garantisce il rispetto del limite massimo di 100 mT: eventuali scostamenti da tale valore potranno essere compensati con una maggiore profondità di posa o, all'occorrenza, dalla disposizione di elementi schermanti.

Per quanto riguarda la determinazione della fascia di rispetto, in questa sede, si fa riferimento sempre alla Linea Guida per l'applicazione del par. 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.2008 "Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche", già citato in precedenza.

In particolare, si richiama il caso indicato alla scheda A15 dell'allegato A, che qui si riporta:

Tipologia sostegno	Formazione	Armamento	Corrente	DPA (m)	Rif.
<b>Tubolare Doppia Terna con mensole isolanti (serie 132/150 kV)</b>  <b>Scheda A13</b>	<b>22.8 mm</b> <b>307.75 mm<sup>2</sup></b>		576	<b>22</b>	A13a
			444	<b>19</b>	A13b
	<b>31.5 mm</b> <b>585.35 mm<sup>2</sup></b>		870	<b>27</b>	A13c
			675	<b>23</b>	A13d
<b>CAVI INTERRATI Semplice Terna cavi disposti in piano (serie 132/150 kV)</b>  <b>Scheda A14</b>	<b>108 mm</b> <b>1600 mm<sup>2</sup></b>		1110	<b>5.10</b>	A14
<b>CAVI INTERRATI Semplice Terna cavi disposti a trifoglio (serie 132/150 kV)</b>  <b>Scheda A15</b>	<b>108 mm</b> <b>1600 mm<sup>2</sup></b>		1110	<b>3.10</b>	A15

In considerazione di ciò si può assumere la distanza di prima approssimazione pari a 3,1 m da ogni lato rispetto all'asse del cavidotto.

In fase di progetto esecutivo, sarà sviluppato il calcolo analitico in base alla portata effettiva del cavo utilizzato: dai casi simili analizzati, tenendo conto della potenza massima dell'impianto, si ritiene che detto valore sia già precauzionale e quindi cautelativo.

## 2. LINEE MT E BT E CABINE DI TRASFORMAZIONE

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 3  $\mu$ T) 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 DPCM 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.

Nel progetto in esame, essendo presenti configurazioni che non ricadono nella casistica anzidetta, si procede al calcolo per via analitica.

I posti di trasformazione sono di due tipi: 10 container a servizio dell'impianto da 60.304,02kWp contenenti quadro BT, quadro MT e trasformatore da 6.300kVA 30/0,8kV ed una cabina prefabbricata a servizio dell'impianto da 1.998,61 con quadro BT, quadro MT e trasformatore da 2.500kVA 15/0,8kV. Per entrambe le situazioni è stato valutato il campo elettromagnetico dalla quota del terreno ad un'altezza di 2m a passi di 0,5m.

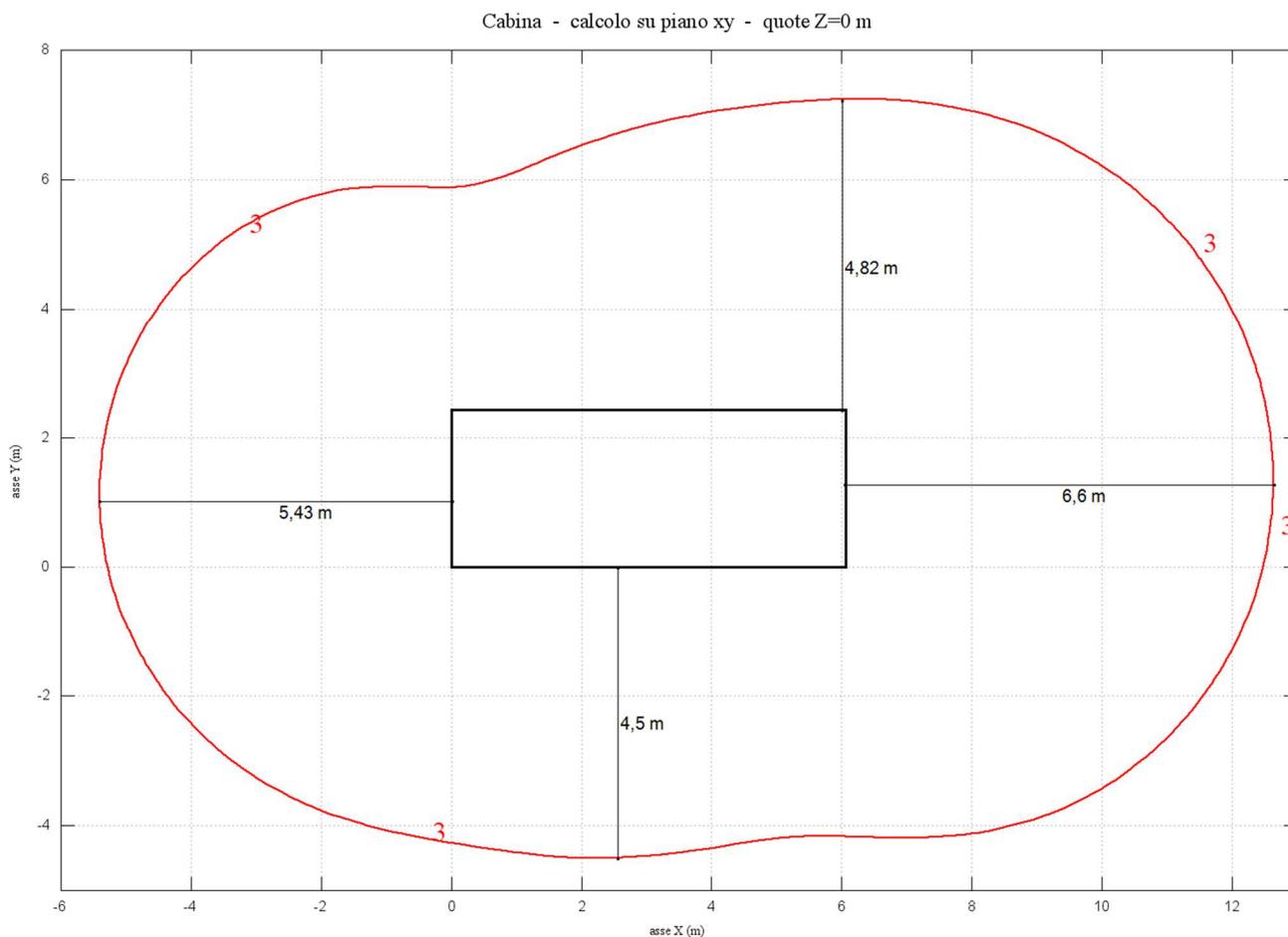
I risultati sono rappresentati dalla curva isolivello  $3\mu\text{T}$  a ciascuna quota nei grafici che seguono.

### **IMPIANTO 60.304,02kWp**

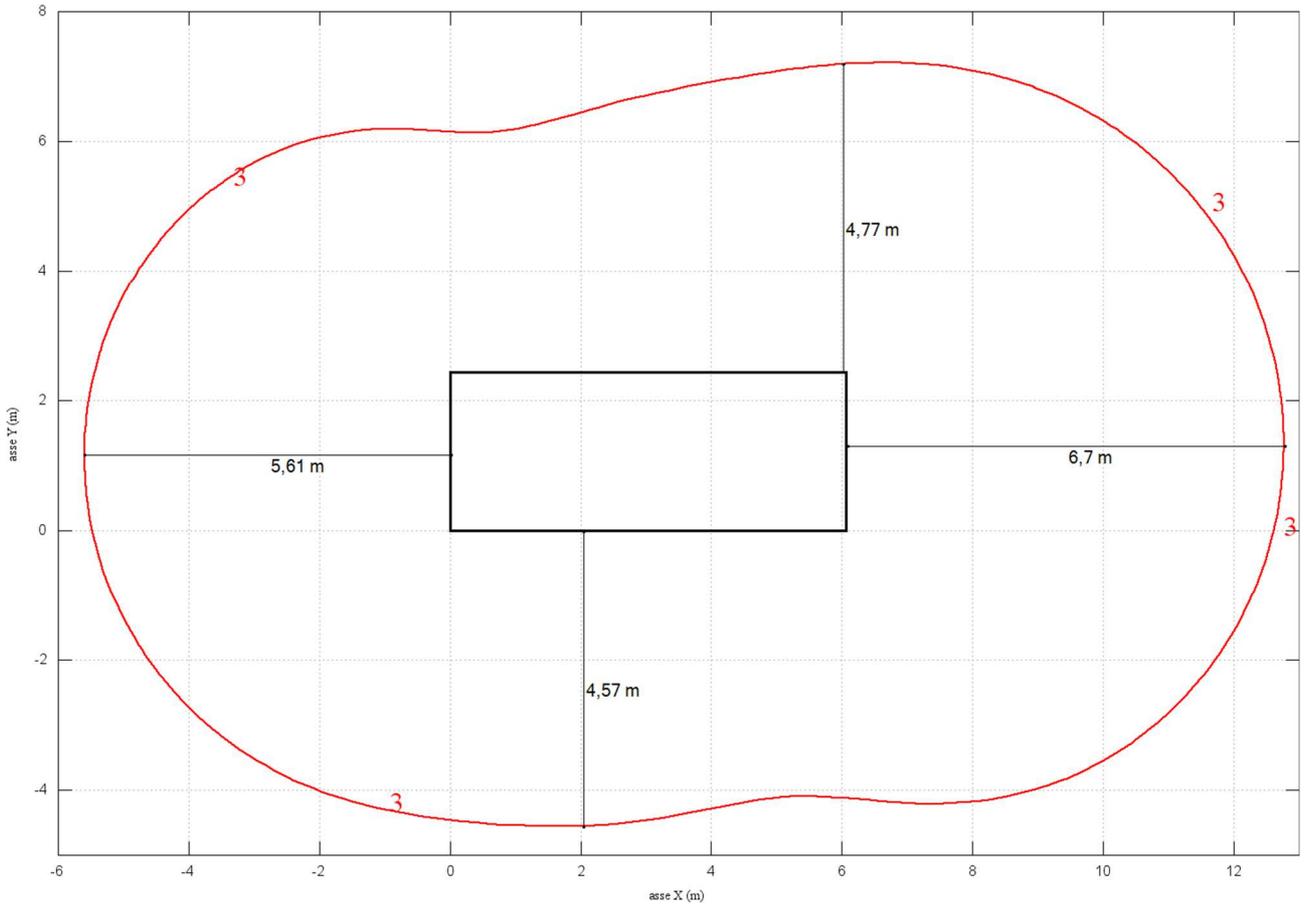
Il calcolo è stato effettuato tenendo conto dei valori di corrente sotto riportati:

$$I_{MT}=121,24\text{A}$$

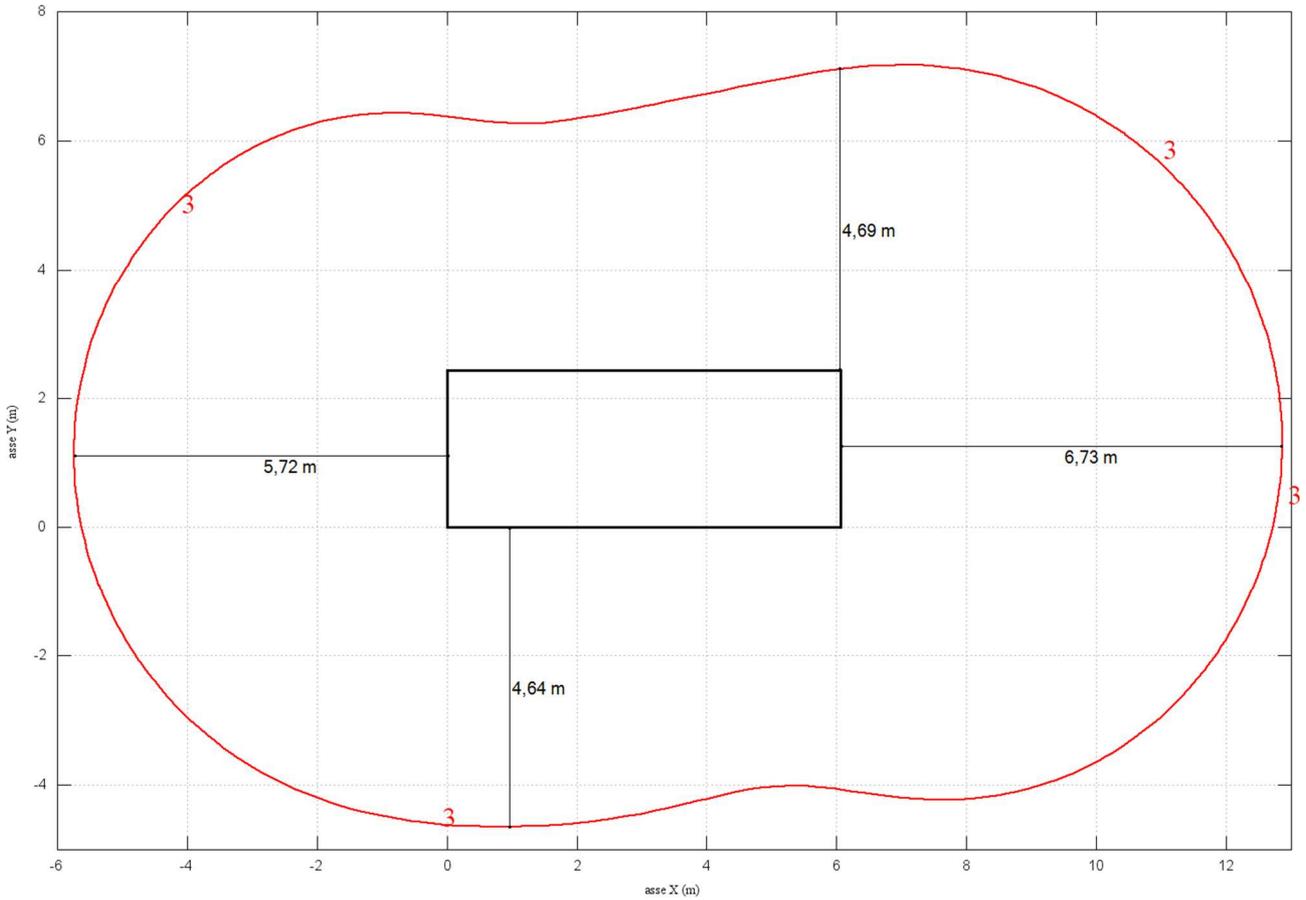
$$I_{bt}=4.546,63\text{A}$$



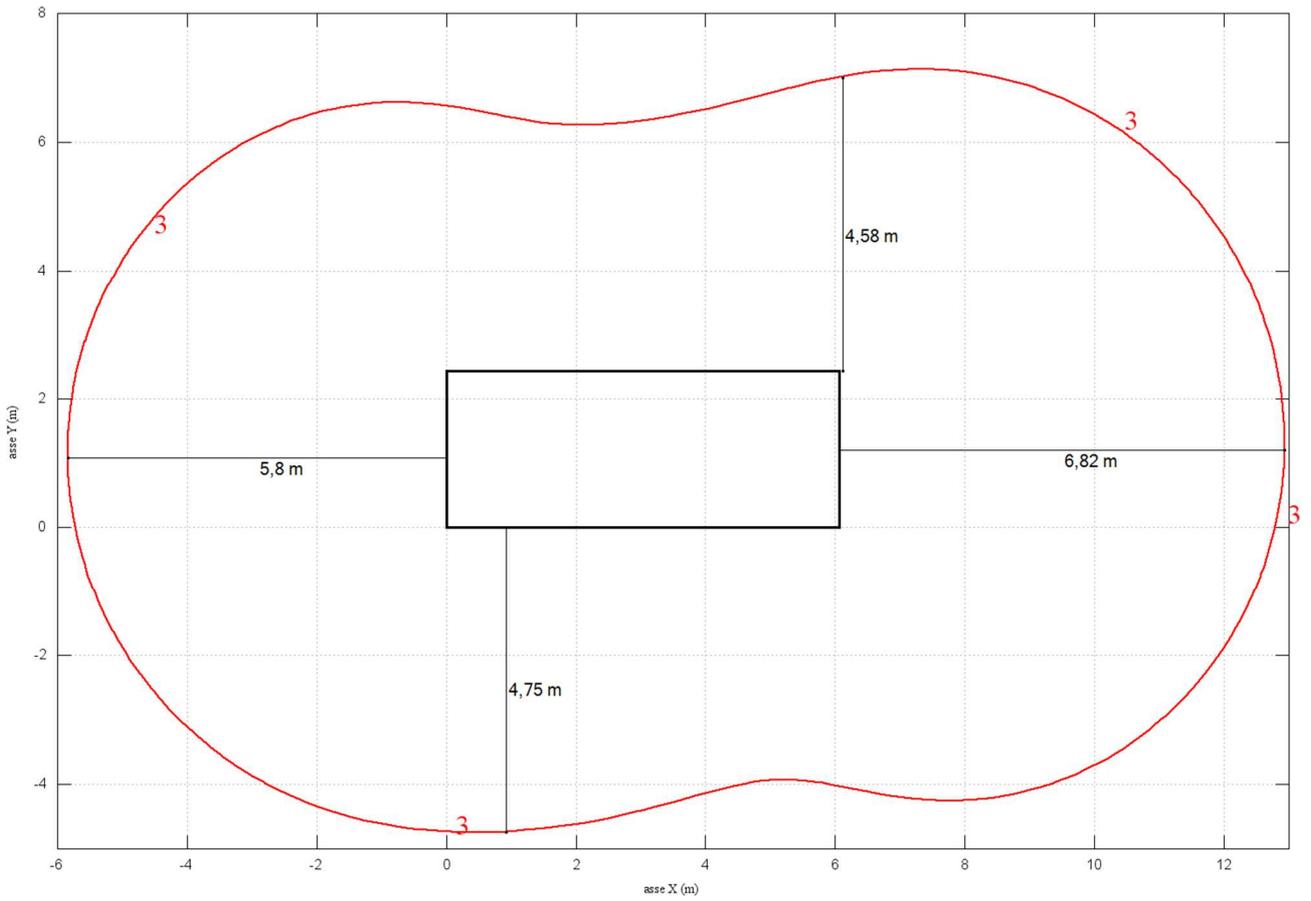
Cabina - calcolo su piano xy - quote Z=0,5 m



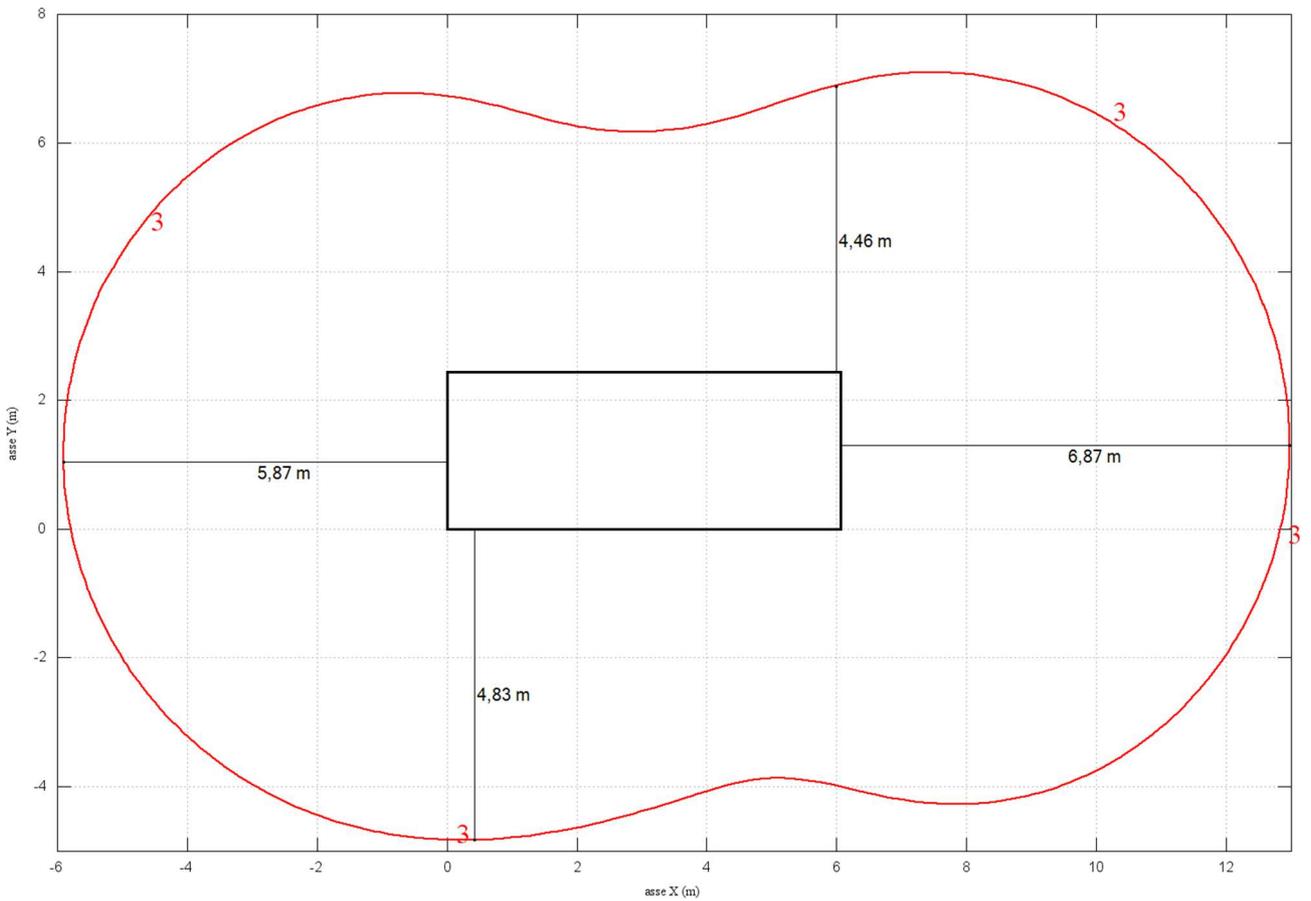
Cabina - calcolo su piano xy - quote Z=1 m



Cabina - calcolo su piano xy - quote Z=1,5 m



Cabina - calcolo su piano xy - quote Z=2 m



Come è possibile evincere, l'obiettivo dei  $3\mu T$  è raggiunto ad una distanza di poco inferiore a 7m dalla stazione di conversione.

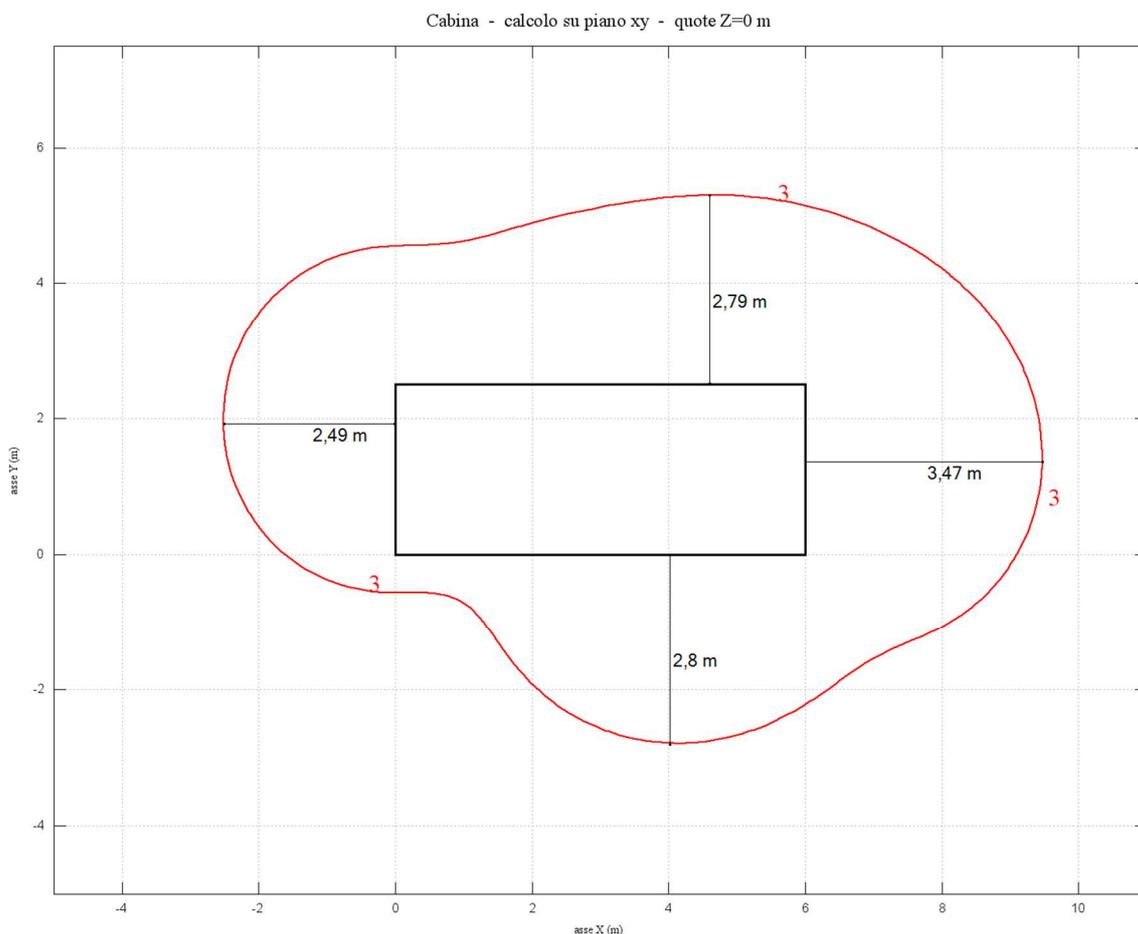
In ogni caso, nelle zone dove l'obiettivo di qualità non viene raggiunto, le modalità operative del personale non ne prevedono la presenza per un periodo superiore alle 4 ore anche in caso di presenza di personale addetto alla manutenzione dell'impianto in quanto, per effettuare manutenzioni di tale durata, la sezione di impianto viene messa fuori servizio.

### **IMPIANTO 1.998,61kWp**

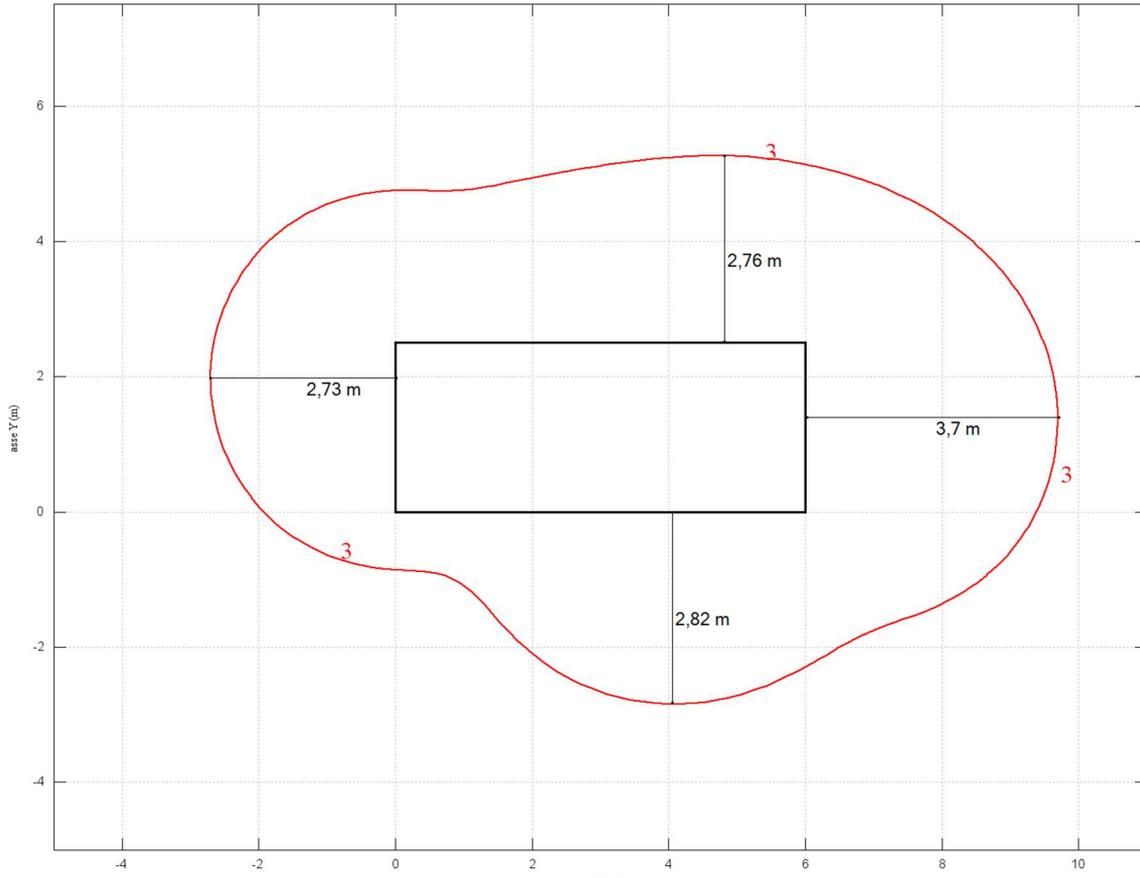
Il calcolo è stato effettuato tenendo conto dei valori di corrente sotto riportati:

$$I_{MT}=76,98A$$

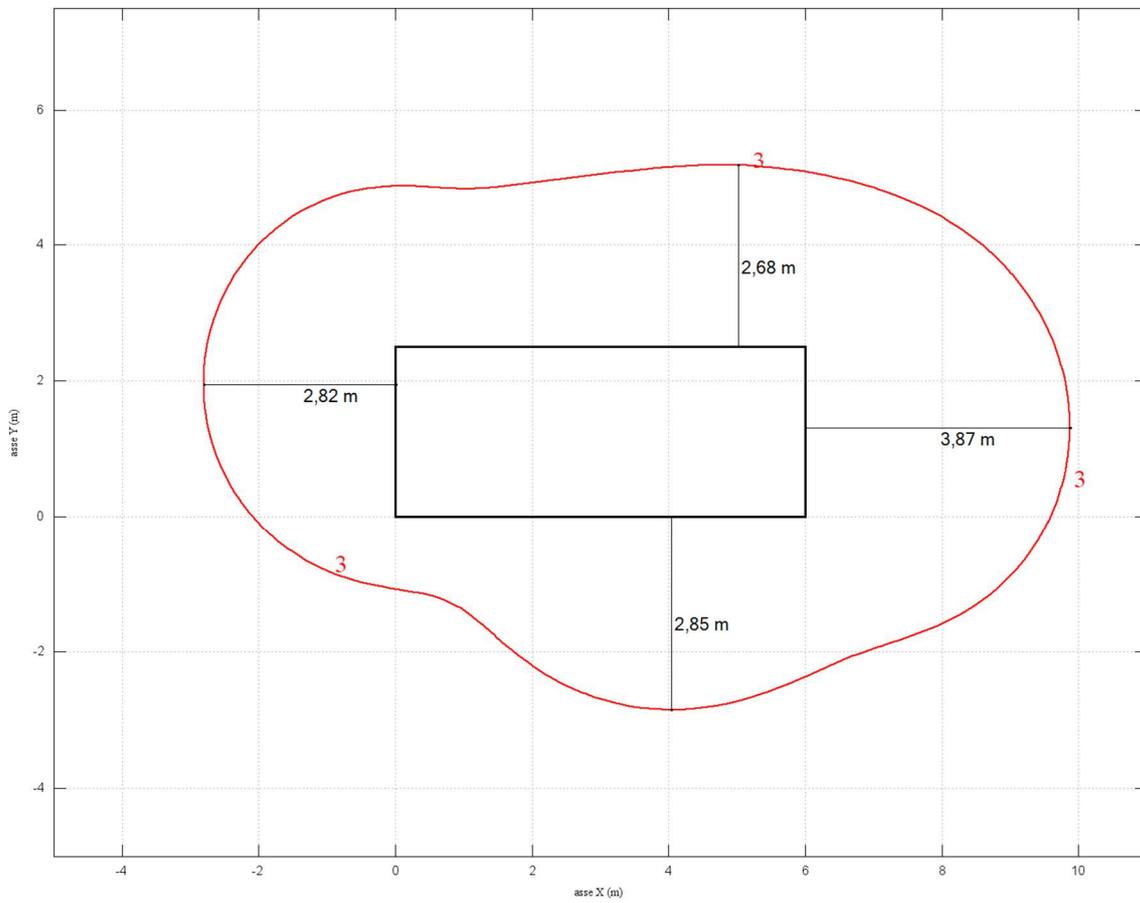
$$I_{bt}=1.443,38A$$



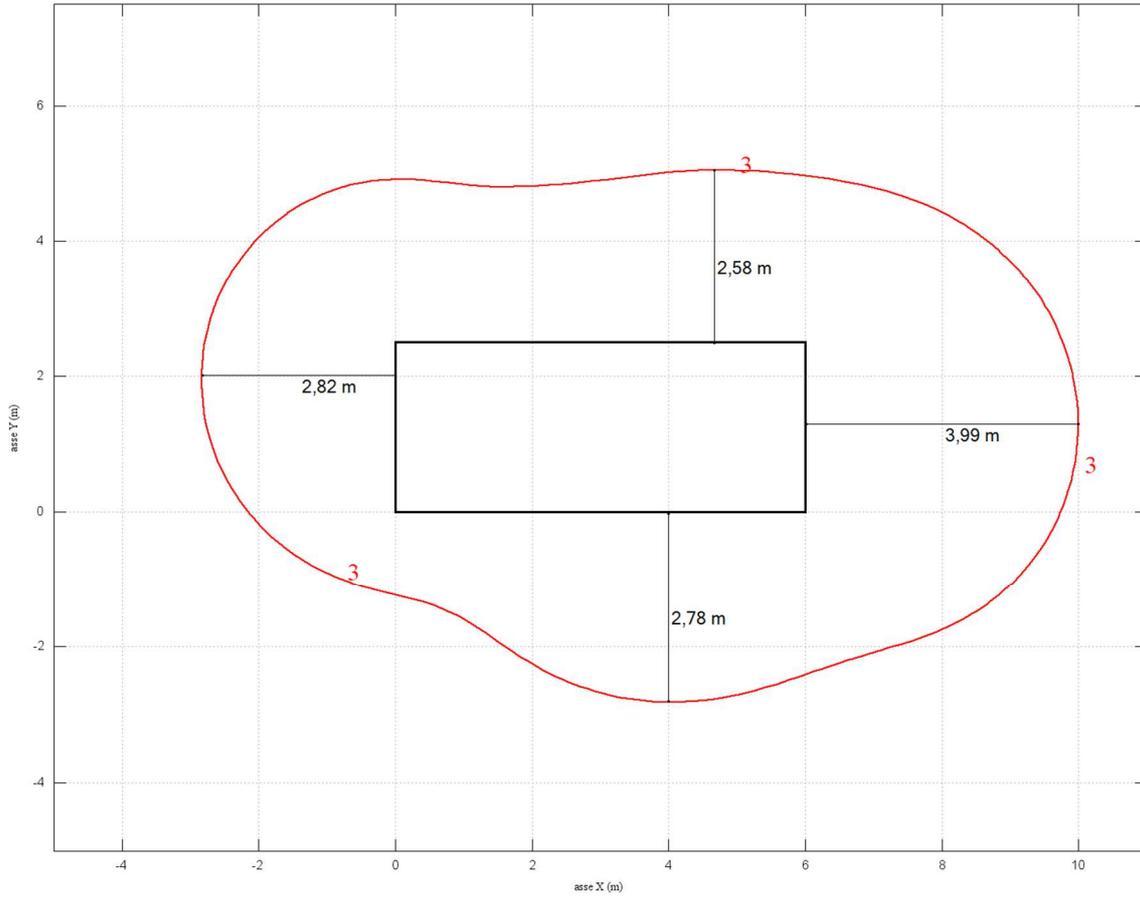
Cabina - calcolo su piano xy - quote Z=0,5 m



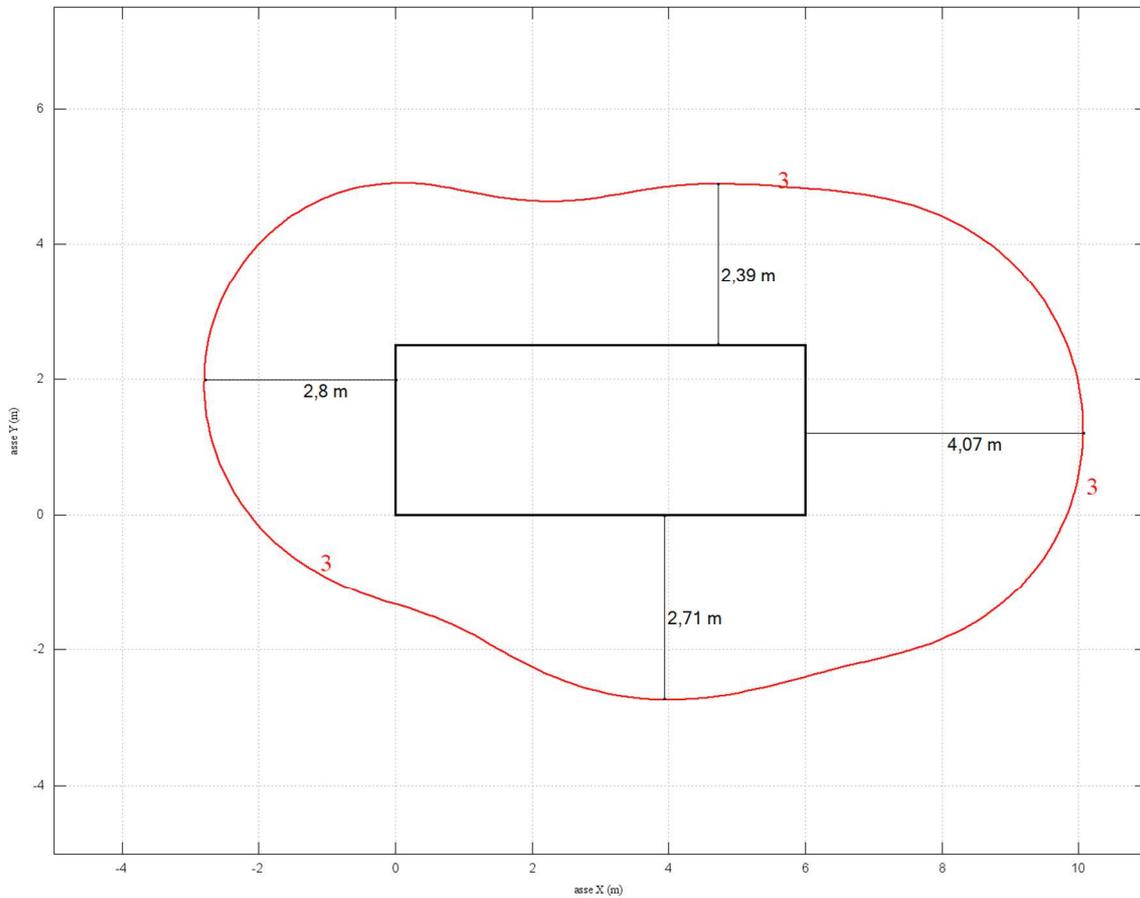
Cabina - calcolo su piano xy - quote Z=1 m



Cabina - calcolo su piano xy - quote Z=1,5 m



Cabina - calcolo su piano xy - quote Z=2 m



In questo caso l'obiettivo dei  $3\mu\text{T}$  è raggiunto ad una distanza di circa 4m dalla cabina di trasformazione.

Dal momento che la presenza di persone nell'intorno della cabina segue le stesse considerazioni espone per le stazioni di trasformazione, si può affermare che anche in questo caso non è prevista la presenza di persone per un periodo superiore alle 4 ore.

### 3. CAMPI ELETTROMAGNETICI GENERATI DA LINEE IN CAVO MT

Le linee MT in cavo presenti all'interno dell'impianto in progetto sono quelle che collegano le stazioni di trasformazione alla cabina presente nella stazione di trasformazione MT/AT e quella che collega la cabina di trasformazione alla cabina di consegna esistente.

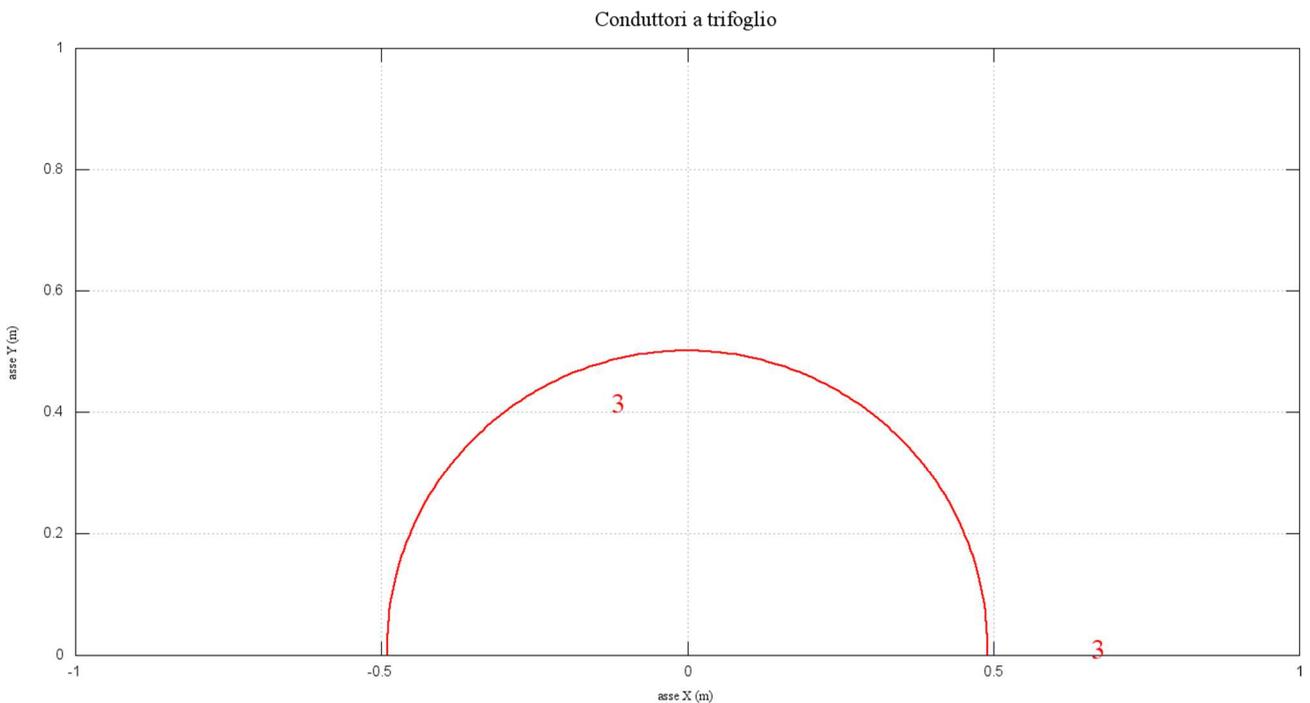
Tutte le linee saranno realizzate con conduttori in cavo unipolare in alluminio interrati entro cavidotti ad una profondità di 70cm.

Per il calcolo del campo elettromagnetico generato dalle linee è stata eseguita la simulazione per singola linea, coppia e terna di linee affiancate e per gruppi di 5, 8 e 9 linee che rappresentano le configurazioni installative previste nei due impianti. I conduttori unipolari sono considerati disposti a trifoglio e le terne di cavi disposte parallelamente tra loro. La distanza tra i cavi è stata considerata pari a 38mm, ovvero il diametro dei conduttori MT di sezione pari a 95mmq.

Per ciascuna linea è stata considerata una corrente pari a 117,05A tenendo conto che su ogni stazione di trasformazione non convergono più di 27 inverter da 225kW.

Per la linea di collegamento della cabina di trasformazione alla cabina di consegna è stata invece considerata una corrente di 76,93A.

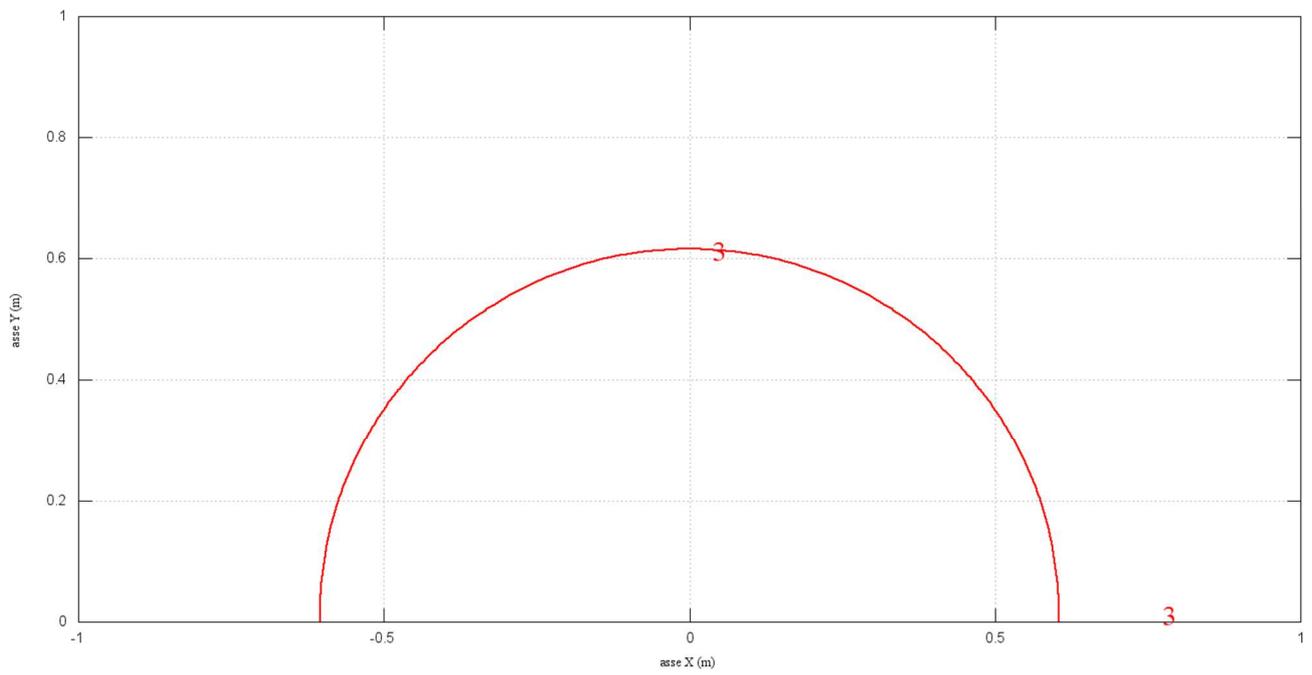
Nel grafico seguente è riportata la curva isolivello dei  $3 \mu\text{T}$  di quest'ultima linea MT.



Di seguito sono invece riportati i grafici delle varie situazioni generate dalle linee MT di collegamento delle stazioni di trasformazione alla stazione MT/AT.

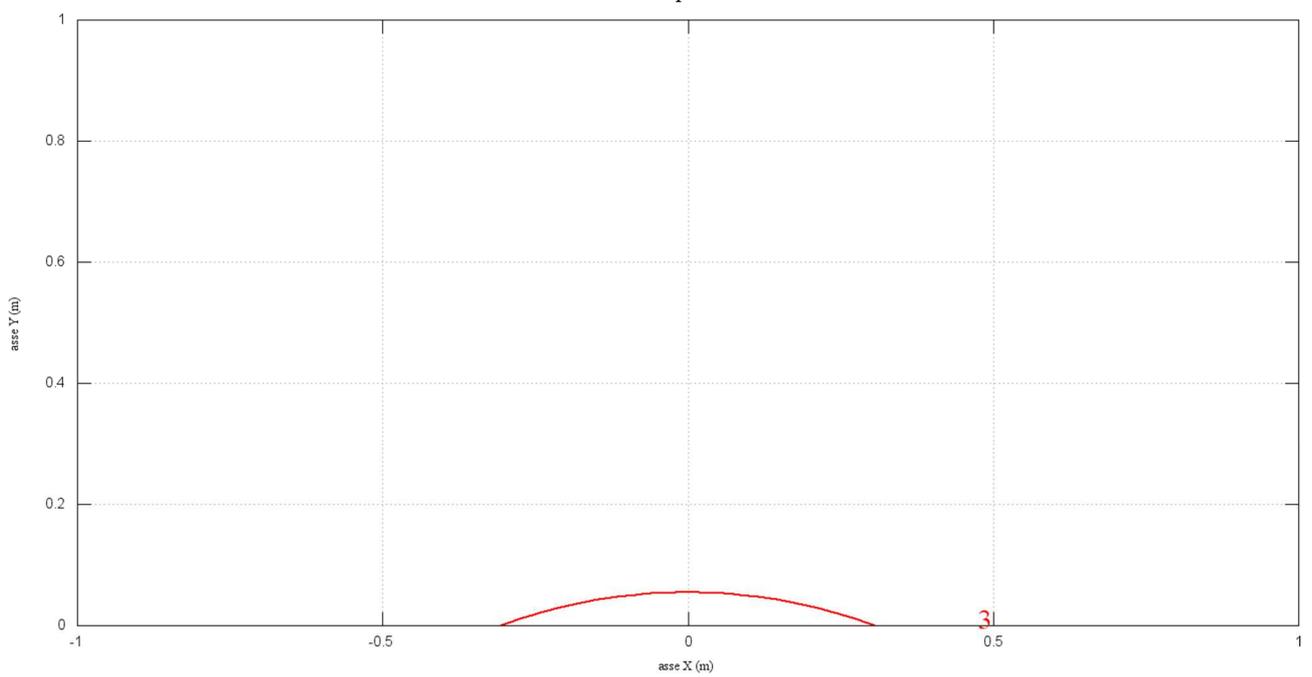
Linea MT singola

Conduttori a trifoglio



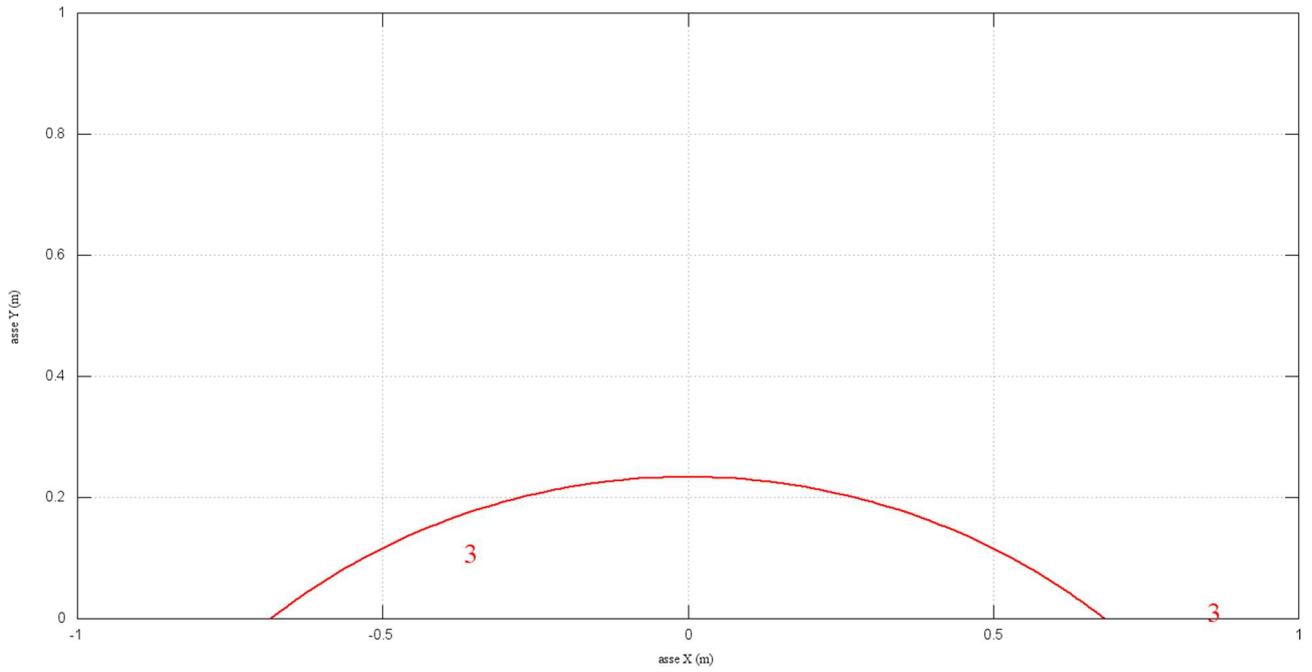
N.2 linee MT

Terne parallele



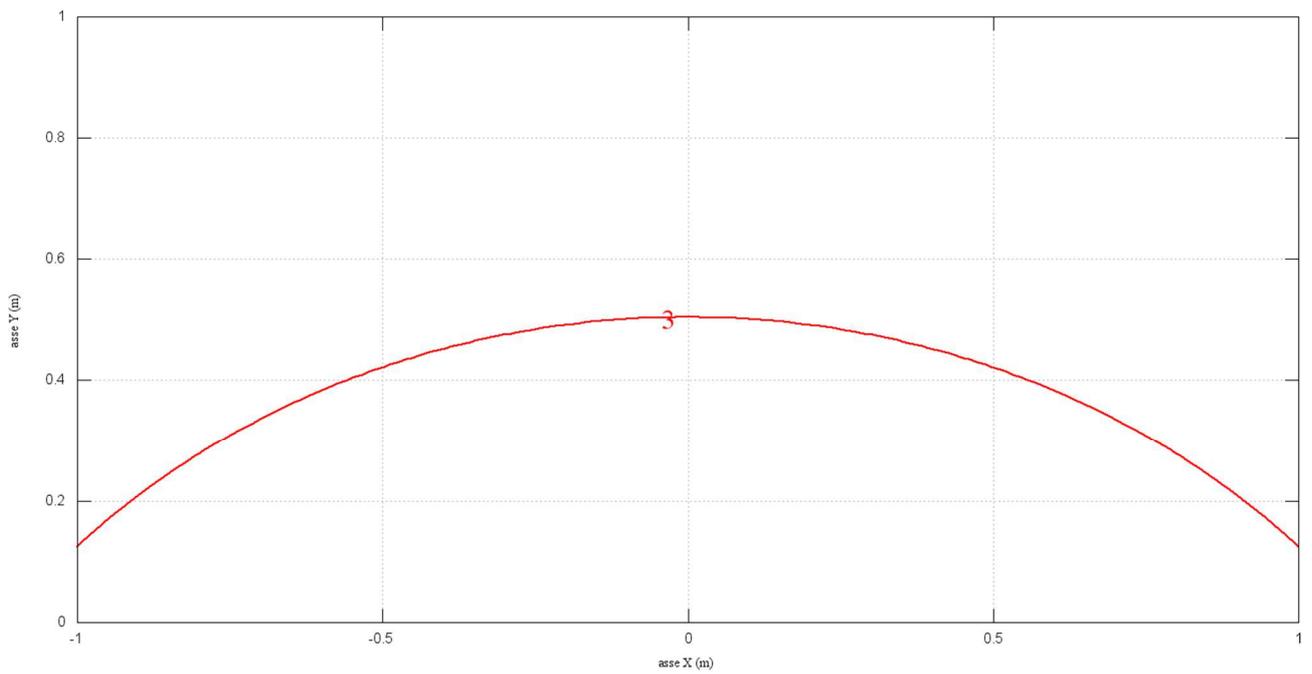
N.3 linee MT

Terne parallele



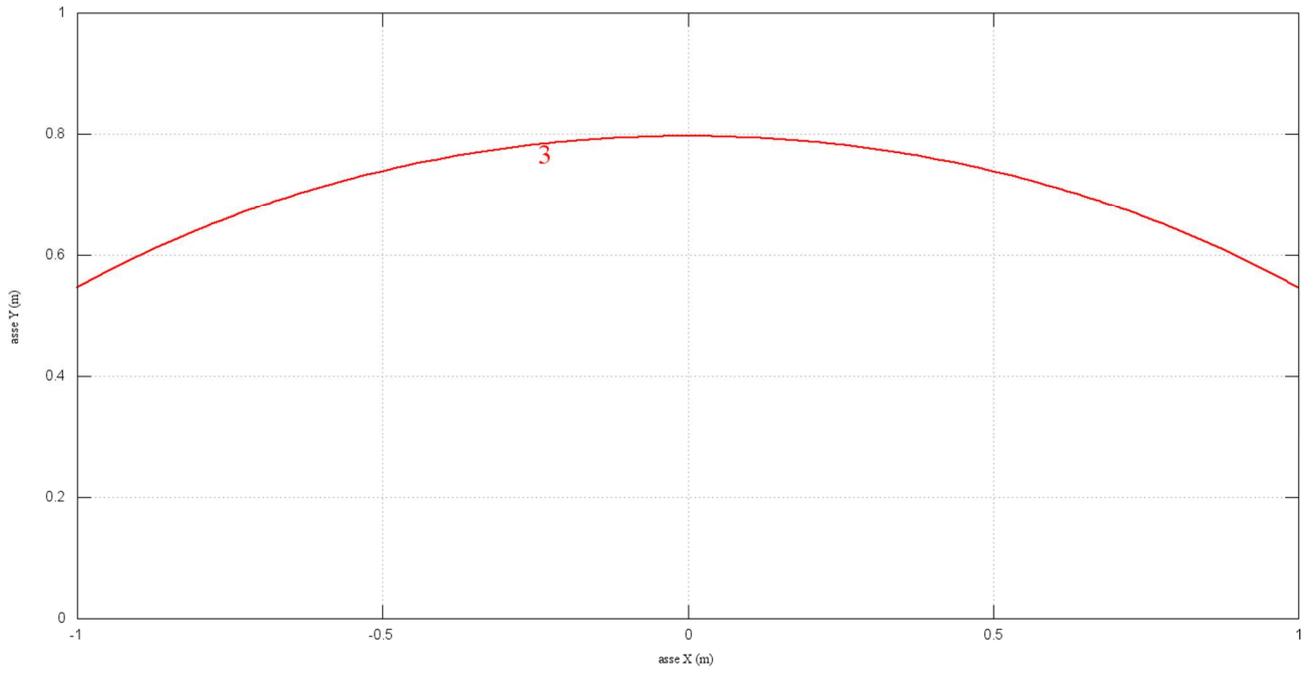
N.5 linee MT

Terne parallele



N.8 linee MT

Terne parallele



#### **4. CAMPI ELETTROMAGNETICI GENERATI DA LINEE IN CAVO BT**

Per quanto riguarda le linee BT di collegamento degli inverter ai quadri BT tratteremo le condizioni peggiori che si possono verificare.

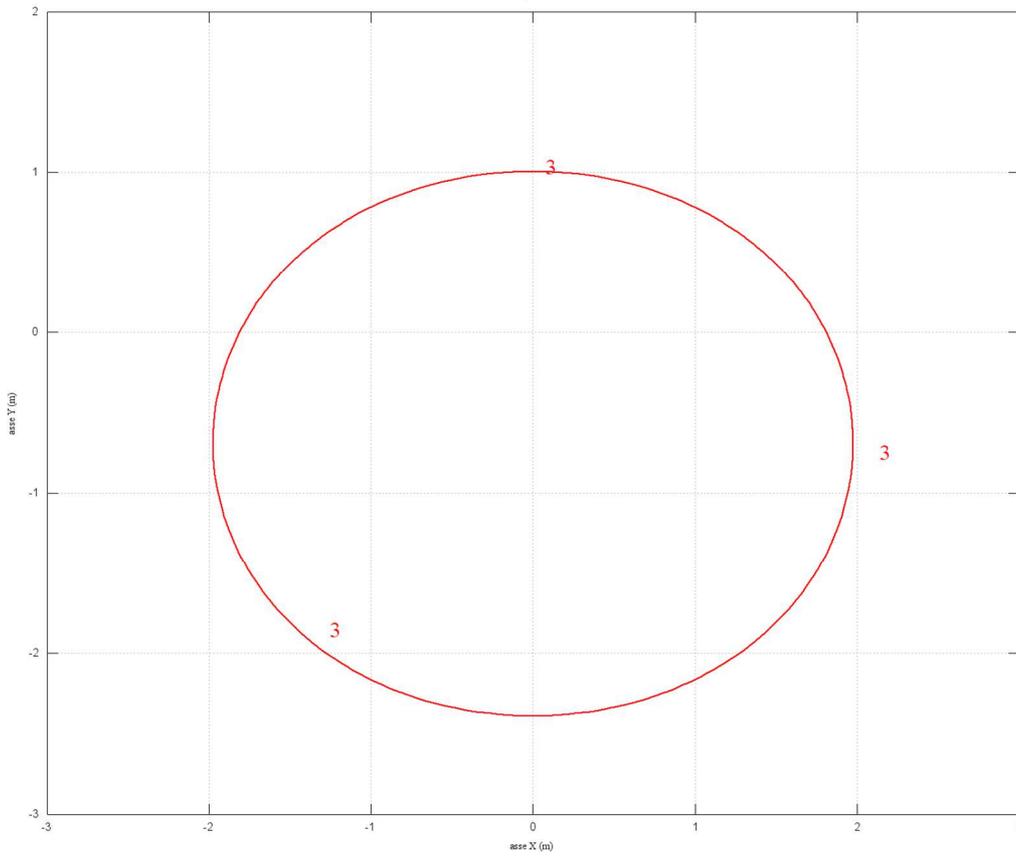
Nell'impianto da 1.998,61kW<sub>p</sub> avremo la presenza di 9 linee interrato, ciascuna entro proprio cavidotto, costituite ciascuna da 3 cavi di sezione 240mm<sup>2</sup> e diametro 28,4mm con una corrente pari a 162,57A per ciascuna.

Nell'impianto da 60.304,02kW<sub>p</sub> le condizioni peggiori si avranno quando le linee di 14 inverter transiteranno lungo lo stesso percorso (prima orizzontalmente e poi verticalmente) per raggiungere il quadro BT della station alla quale fanno capo.

Di seguito sono riportati i grafici della curva isolivello dei  $3 \mu\text{T}$  per le varie configurazioni.

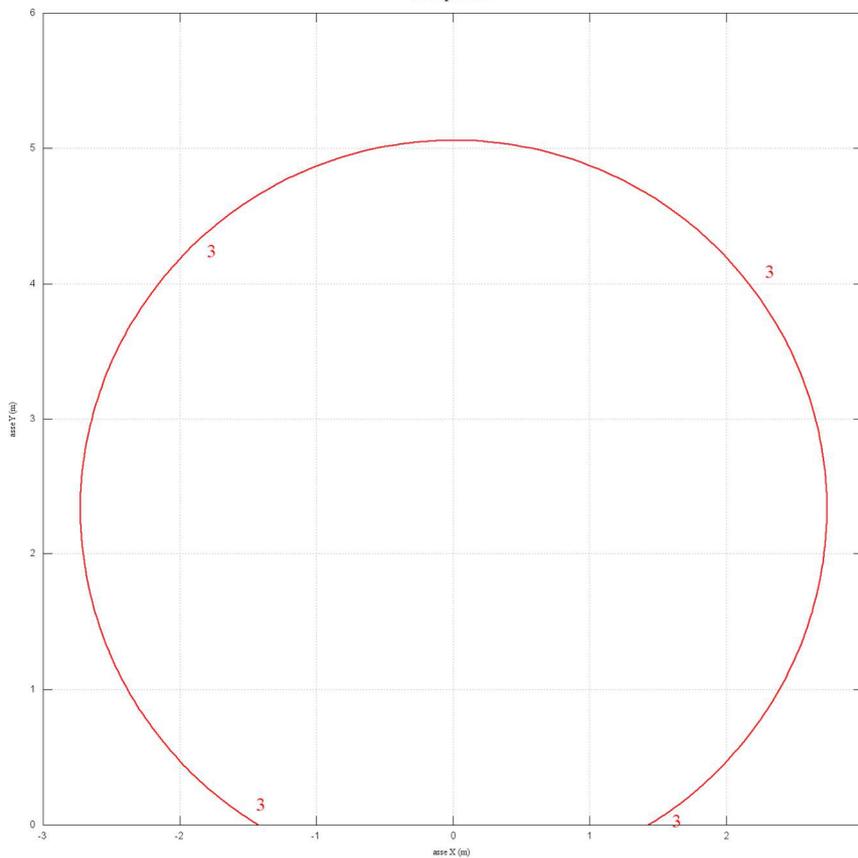
N.9 linee interrate

Terme parallele

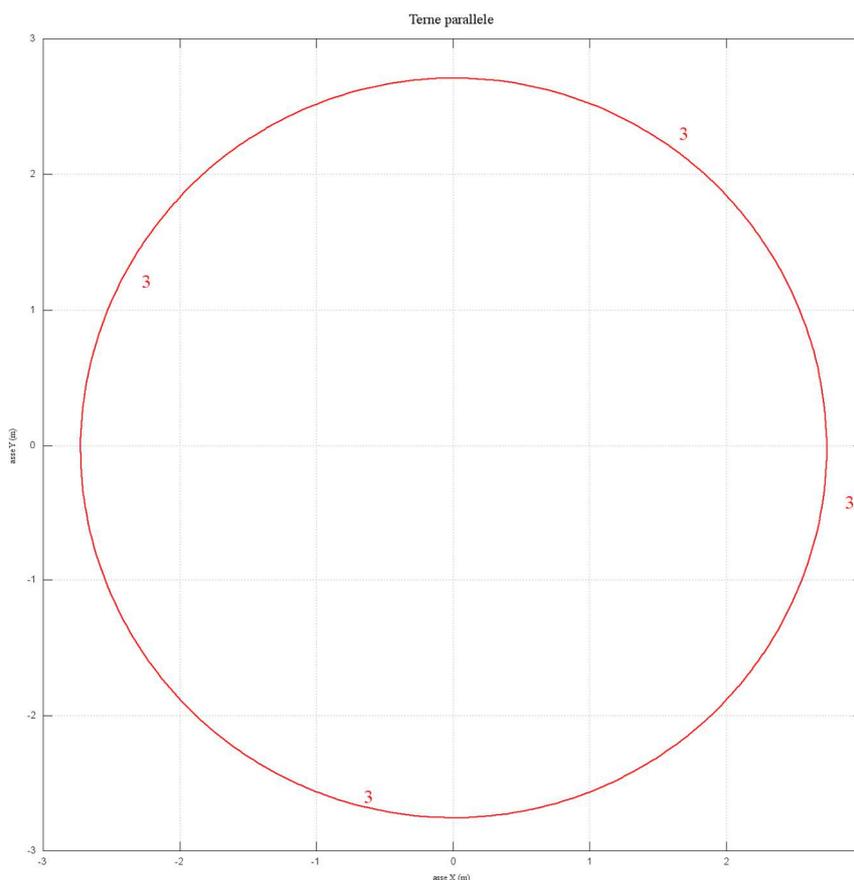


N.14 linee con percorso orizzontale

Terme parallele



### N.14 linee con percorso verticale



Come del resto per le cabine e stazioni di trasformazioni, anche in questo caso la dinamicità delle attività che vengono svolte all'interno dell'autoparco, non portano il personale a permanere oltre le 4 ore nelle aree con livello di campo elettromagnetico superiore a  $3 \mu\text{T}$ .

Bisogna anche ricordare che in entrambe le situazioni (cabine e stazioni di trasformazione e linee MT e BT) i valori delle correnti utilizzati nei calcoli si riferiscono a quelli massimi che possono assumere nel momento del raggiungimento della potenza nominale di generazione, situazione che nella realtà tenderà a verificarsi per pochi periodi nell'arco dell'anno.

## 5. **RIFERIMENTI NORMATIVI**

La legislazione in vigore, di riferimento per la valutazione dell'intensità del campo magnetico, è la seguente:

- Norma CEI 11-17: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica – Linee in cavo.
- Norma CEI 211-4: Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche.
- D.P.C.M. 23 aprile 1992: Limiti massimi di esposizione ai campi elettrico e magnetico generati alla frequenza industriale nominale di 50 Hz negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno.
- D.P.C.M. 23 aprile 1992: Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz.
- D.Lgs. n.159 del 1 agosto 2016: Attuazione della direttiva 2013/35/UE sulle disposizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) e che abroga la direttiva 2004/40/CE.
- ICNIRP Guidelines for limiting exposure to time varying electrical and magnetic fields (1Hz-100kHz).

Per quanto concerne l'intensità del campo elettrico e magnetico, il D.P.C.M. 23 aprile 1992 "Limiti massimi di esposizione ai campi elettrico e magnetico generati alla frequenza industriale nominale di 50 Hz negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno", fissava all'art.4, fino alla data del 29 agosto 2003, in 5 kV/m e 0,1 mT (100  $\mu$ T) il valore di detti limiti per tutti gli elettrodotti ad alta tensione (132, 220 e 380 kV) comunque eseguiti. L'art. 5 della stessa legge fissava inoltre le distanze minime di rispetto delle linee elettriche aeree dai fabbricati, ancorché in presenza di valori di campo inferiori a quelli prescritti. Con l'emanazione del Regolamento di attuazione della legge n.36 del 22 febbraio 2001 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici" di cui al D.P.C.M. 08 luglio 2003, pubblicato sulla G.U. n. 200 del 29 agosto 2003, fermo restando il precedente limite massimo di 100  $\mu$ T, i nuovi valori sono stati fissati in 10  $\mu$ T e 3  $\mu$ T rispettivamente quale limite di attenzione (art.3) e obiettivo di qualità (art.4).