

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE SOLARE (IMPIANTO FOTOVOLTAICO), DELLA POTENZA DI PICCO TOTALE PARI A 24,99 MWp E POTENZA NOMINALE IN IMMISSIONE PARI A 24,0 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA DI PROPRIETA' DI E-DISTRIBUZIONE SPA.

Sezione:

**SEZIONE 1 - RELAZIONI**

Titolo elaborato:

**INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE ELETTROMAGNETICA**

*n. Elaborato: 1.2.1*  
*rev. 02*

*Scala: -----*  
*data: Febbraio 2025*

Committente:

# NEOEN

NEOEN RENEWABLES ITALIA S.R.L.  
Sede legale: Via Giuseppe Rovani n. 7  
20123 MILANO (MI)  
P.IVA: 11953710966  
PEC: neoenrenewablesitalia@pecplus.it

Progettazione:

# LUMI STUDIO

Dott. Arch. Donato Orlando Cera  
Ordine degli Architetti della Provincia di Milano n. 16906  
PEC: cera.16906@aomilano.it



# Studio Tecnico Ing. Claudio Berti

COMUNE DI BENTIVOGLIO (BO) – LOCALITA' LA CASELLA SNC

IMPIANTO FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI PICCO TOTALE PARI A 24,99 MWp E POTENZA  
IMMISSIONE PARI A 24,0 MW

ELABORATO: CALCOLO DPA INGRESSO CAVI MT CABINA PRIMARIA "ALTEDO" E TRASFORMATORI DI  
POTENZA ALL'INTERNO DELLA CABINA STESSA

1.	INTRODUZIONE.....	2
2.	DOCUMENTI E LEGGI E NORME DI RIFERIMENTO .....	2
2.1	LEGGI E NORME DI RIFERIMENTO .....	2
3.	SIMBOLI SIGLE E TERMINOLOGIA .....	3
4.	INQUADRAMENTO NORMATIVO.....	4
5.	METODOLOGIA DI CALCOLO .....	5
6.	CALCOLI CAMPO MAGNETICO.....	6
6.1	DATI DI INGRESSO .....	6
	CONCLUSIONI .....	8

## 1. INTRODUZIONE

Nella valutazione delle DPA per le opere strumentali all'impianto fotovoltaico in questione si fa riferimento ai valori di DPA elaborati con riferimento alla norma CEI 106-11 e con il software Magnetic Induction Calculation (MAGIC) della società Be Shielding s.r.l, che raccoglie diversi moduli di calcolo dei campi magnetici associabili alle varie tipologie di sorgenti esistenti, tra cui quelle in questione. La modellizzazione delle sorgenti fa riferimento alla normativa tecnica CEI 211-4 ed è bidimensionale per le linee elettriche e tridimensionale per le cabine elettriche.

I valori di DPA sono altresì determinati con riferimento alla Guida ENEL *"Campi magnetici da corrente 50 Hz - Distanza di Prima Approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche"* facendo riferimento alla portata in corrente in servizio normale o alla portata dell'elettrodotto in progetto fornendo la fascia di rispetto con un'approssimazione  $\leq 1$  m, arrotondando comunque valori trovati al mezzo metro superiore.

La specifica tipologia delle sorgenti del campo magnetico ha richiesto un metodo di calcolo tridimensionale.

Nei calcoli dei campi magnetici, per i cavi di media tensione in oggetto, e per i susseguenti trasformatori, è stata assunta la massima corrente che possono assorbire le utenze alimentate dalla stessa linea o la massima corrente consentita dal cavo

Come meglio dettagliato nel seguito, dalle risultanze dell'analisi eseguita per il DPCM 8 luglio 2003, risulta che l'andamento del livello di induzione magnetica a 3 $\mu$ T rimane sempre confinato all'interno della recinzione perimetrale ed, in ogni caso ove non vi è la presenza di ricettori sensibili.

Per quanto riguarda il limite di induzione pari a 500  $\mu$ T prescritto dal DLgs 81/2008 per i lavoratori, è risultato che in tutte le zone oggetto di studio non sussistono condizioni di pericolo per la sicurezza dei lavoratori che accedono alle zone. I valori calcolati di campo magnetico sono inferiori al limite prescritto.

## 2. DOCUMENTI E LEGGI E NORME DI RIFERIMENTO

### Leggi e norme di riferimento

- DPCM 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 50 Hz generati da elettrodotti" (popolazione)
- DLgs 81/2008 "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro" (lavoratori)

# Studio Tecnico Ing. Claudio Berti

- Norma CEI 106-11 "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo" Prima edizione, 2006
- Decreto 29 maggio 2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti"
- Norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche" Seconda edizione, 2008

### 3. SIMBOLI SIGLE E TERMINOLOGIA

Nella presente relazione sono stati usati i seguenti simboli:

- $I$  = corrente elettrica
- $H$  = campo magnetico
- $B$  = induzione magnetica
- $\mu$  = permeabilità magnetica

Nella presente relazione sono state usate le seguenti sigle (in ordine alfabetico):

- CEI - Comitato Elettrotecnico Italiano
- DPA - Distanza di prima approssimazione
- AT - Simbolo generico di "Sistema di alta tensione in c.a."
- MT - Simbolo generico di "Sistema di media tensione in c.a."

Si ritiene inoltre utile chiarire il significato dei seguenti termini utilizzati:

- Fascia di rispetto: è lo spazio circostante un elettrodotto (o comunque un conduttore percorso da corrente), 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 (3  $\mu T$ ). Come prescritto dall'articolo 4, c. 1 lettera h) della Legge Quadro n. 36 del 22 febbraio 2001, all'interno delle fasce di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario e ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore (Fig. 3-1)

- Distanza di Prima Approssimazione (DPA): per le linee è la 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 della DPA si trovi all'esterno delle fasce di rispetto (Fig. 3-1).

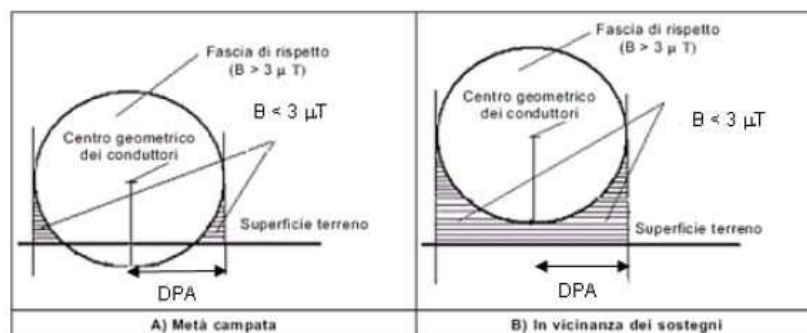


Figura 2 - Schema Fasce di rispetto e DPA in corrispondenza di metà campata e in vicinanza dei sostegni.

N.B. La dimensione della DPA delle linee elettriche viene fornita approssimata per eccesso al metro superiore (interpretazione prevalente delle ARPA).

Fig. 3-1: Fasce di rispetto e Distanza di Prima Approssimazione

#### 4. INQUADRAMENTO NORMATIVO

Come anticipato, i calcoli sono stati svolti in ottemperanza al DPCM 8 luglio 2003 (esposizione popolazione) e al DLgs 81/2008 (esposizione lavoratori).

Obiettivo del DPCM 8 luglio 2003, attuativo della L 36/01, è la tutela della popolazione dagli effetti a lungo termine dei campi elettrici e magnetici prodotti dagli elettrodotti e dalle sottostazioni.

Tali provvedimenti prevedono limiti particolarmente restrittivi per l'induzione magnetica nelle "aree di gioco per l'infanzia, negli ambienti abitativi, negli ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere".

# Studio Tecnico Ing. Claudio Berti

In particolare, nei suddetti ambienti di vita, non deve essere superato:

- Il limite di 10  $\mu\text{T}$  (valore di attenzione) in ogni caso;
- Il limite di 3  $\mu\text{T}$  (obiettivo di qualità) nella progettazione di nuovi elettrodotti e di nuovi insediamenti vicino a elettrodotti esistenti.

Nel caso specifico, saranno identificate le zone con induzione magnetica superiore a 3 e 10  $\mu\text{T}$  e trattandosi di una nuova installazione sarà comunque valutato che nelle zone con ricettori sensibili l'induzione magnetica non sia superiore a 3  $\mu\text{T}$ .

Altresì, l'obiettivo del DLgs 81/2008 è la tutela dei lavoratori dagli effetti dei campi elettrici e magnetici.

Il DLgs 81/2008 richiede che nelle aree accessibili ai lavoratori, il livello di induzione magnetica non sia superiore al valore di azione fissato pari a 500  $\mu\text{T}$  (Allegato XXXVI – Lettera B – Tabella 2).

Qualora il valore di azione sia superato, è necessario verificare se sia superato anche il valore limite di esposizione (Allegato XXXVI – Lettera A – Tabella 1). Tale valore fino a 1 kHz è stabilito solo per capo e tronco e pertanto, per persone adulte in posizione eretta il valore 500  $\mu\text{T}$  si può applicare a partire da una altezza dal suolo ragionevolmente fissata a 1 m.

## 5. METODOLOGIA DI CALCOLO

Il metodo di calcolo adottato è tridimensionale e si basa sull'applicazione delle leggi della fisica.

Il metodo di calcolo adottato in sostanza generalizza alle 3 dimensioni dello spazio il campo di applicazione del metodo definito dalla norma CEI 211-4.

L'induzione magnetica è ottenuta come sovrapposizione degli effetti del contributo degli elementi secondo i quali viene frazionata la sorgente (ovvero i conduttori attivi).

Il calcolo è effettuato con un algoritmo generale che tiene conto della reazione del terreno e degli effetti induttivi.

A bassa frequenza il calcolo corrisponde sostanzialmente a quanto si potrebbe ottenere in condizioni stazionarie trascurando gli effetti della reazione del terreno per cui si possono senz'altro ritenere valide formule di seguito descritte.

**Studio Tecnico Ing. Claudio Berti**

**Vicolo Padre Massimiliano Kolbe n. 2 – 31038 – Castagnole di Paese (TV)**

**Telefono : 389/4711852 – Email: [ing.claudio.berti@gmail.com](mailto:ing.claudio.berti@gmail.com)**

**C.f.: BRTCLD72S23L736W / P.iva: 04403180278**

Il contributo di ciascun elemento di lunghezza "l" percorso dalla corrente uniforme "I" si ottiene con la (formula di Biot Savart)

Sovrapponendo gli effetti di elementi interessati da correnti tra loro sfasate, il vettore induzione magnetica risultante è caratterizzato in generale da polarizzazione ellittica. Si considera il solo valore efficace (ovvero la radice quadrata della somma dei quadrati dei valori efficaci delle sue componenti):

Il campo magnetico si considera imperturbato (ovvero non distorto e non attenuato) dalla presenza di edifici, strutture, alberi, persone etc.

## 6. CALCOLI CAMPO MAGNETICO

### 6.1 Dati di ingresso

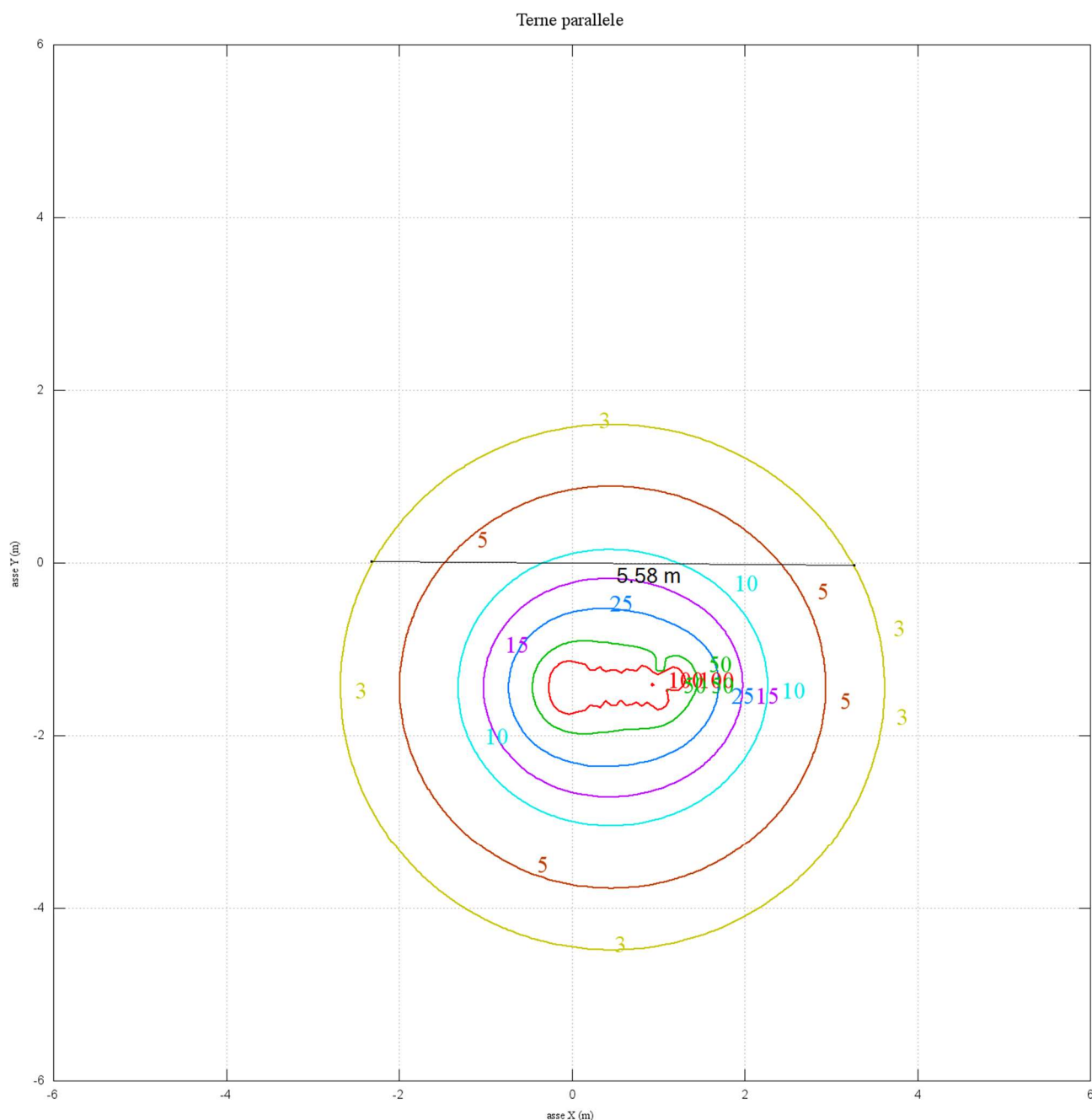
I dati di ingresso riguardano sostanzialmente la geometria delle sorgenti del campo magnetico (conduttori percorsi da corrente) ed i valori delle correnti longitudinali (in modulo e fase).

Come già detto, per le dorsali MT, è stata assunta la massima corrente che possono assorbire le utenze alimentate dalla stessa linea, ovvero i trasformatori MT/BT, in condizione di carico massimo o la massima corrente che il cavo è in grado di sopportare a tempo indeterminato

I valori delle correnti e i versi di percorrenza nei conduttori della linea in cavo MT in oggetto, sono le condizioni che massimizzano gli effetti del fenomeno in esame relativo all'analisi dei campi di induzione magnetica, che in via conservativa sono stati utilizzati a tutela della salute della popolazione e dei lavoratori.

# Studio Tecnico Ing. Claudio Berti

**CASO 1: Tratto A-A1 in uscita da CP ALTEDO: parallelismo n.4 cavi MT di progetto 240mmq con n.9 cavi MT esistenti 185mmq, n.1 cavo MT esistente 240mmq e n.1 cavo MT sez. 3x1x240mmq in corso di autorizzazione per altro produttore**

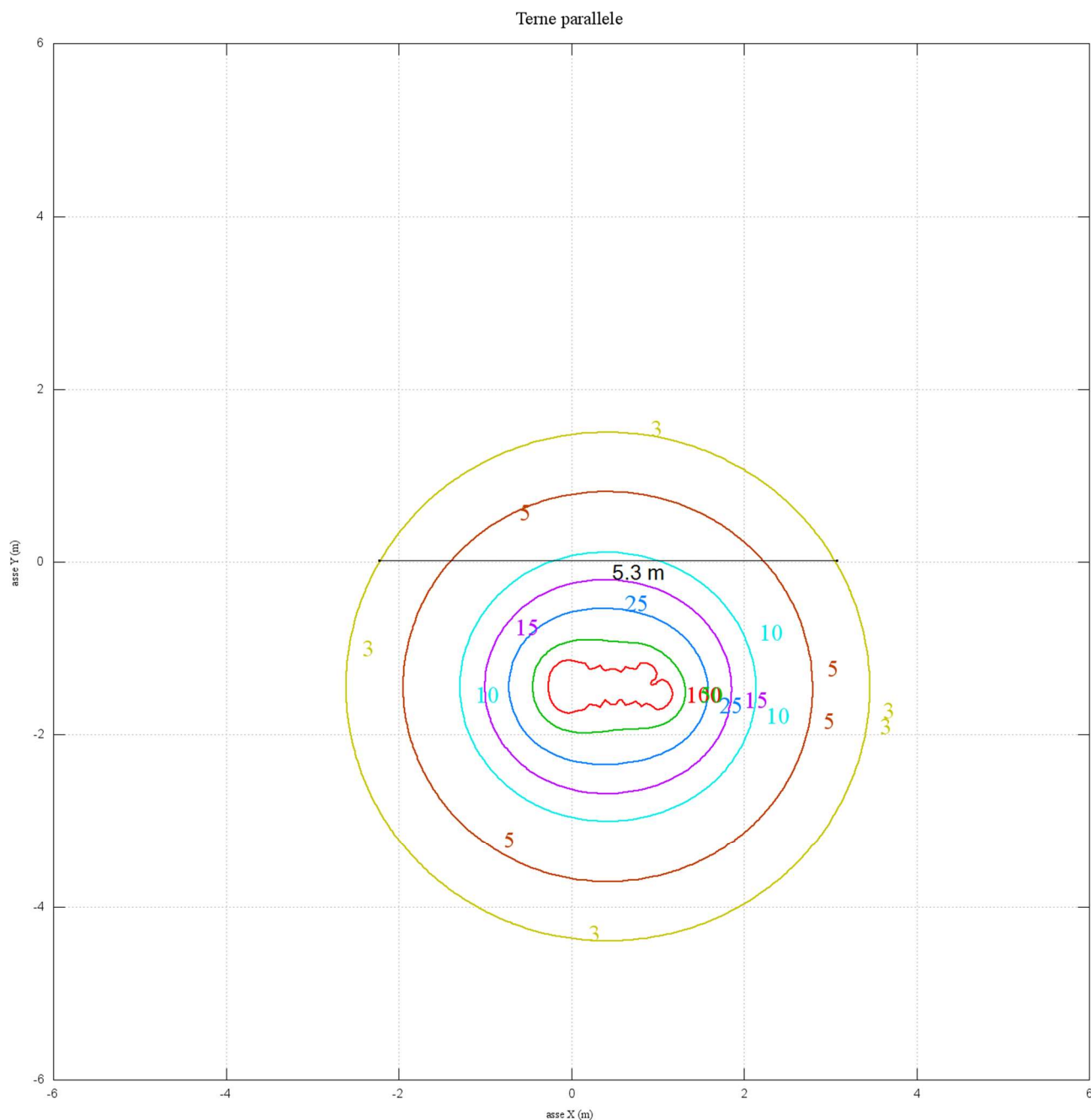


Le analisi effettuate evidenziano che in questo tratto A-A1, i valori di induzione magnetica calcolati sono inferiori alla soglia di 3  $\mu\text{T}$  per una distanza di circa 5.58 m a cavallo dell'asse dell'elettrodotto. Verrà assunta una fascia di rispetto di 6 m a cavallo dell'asse del cavidotto e di conseguenza una DPA di 3 m



# Studio Tecnico Ing. Claudio Berti

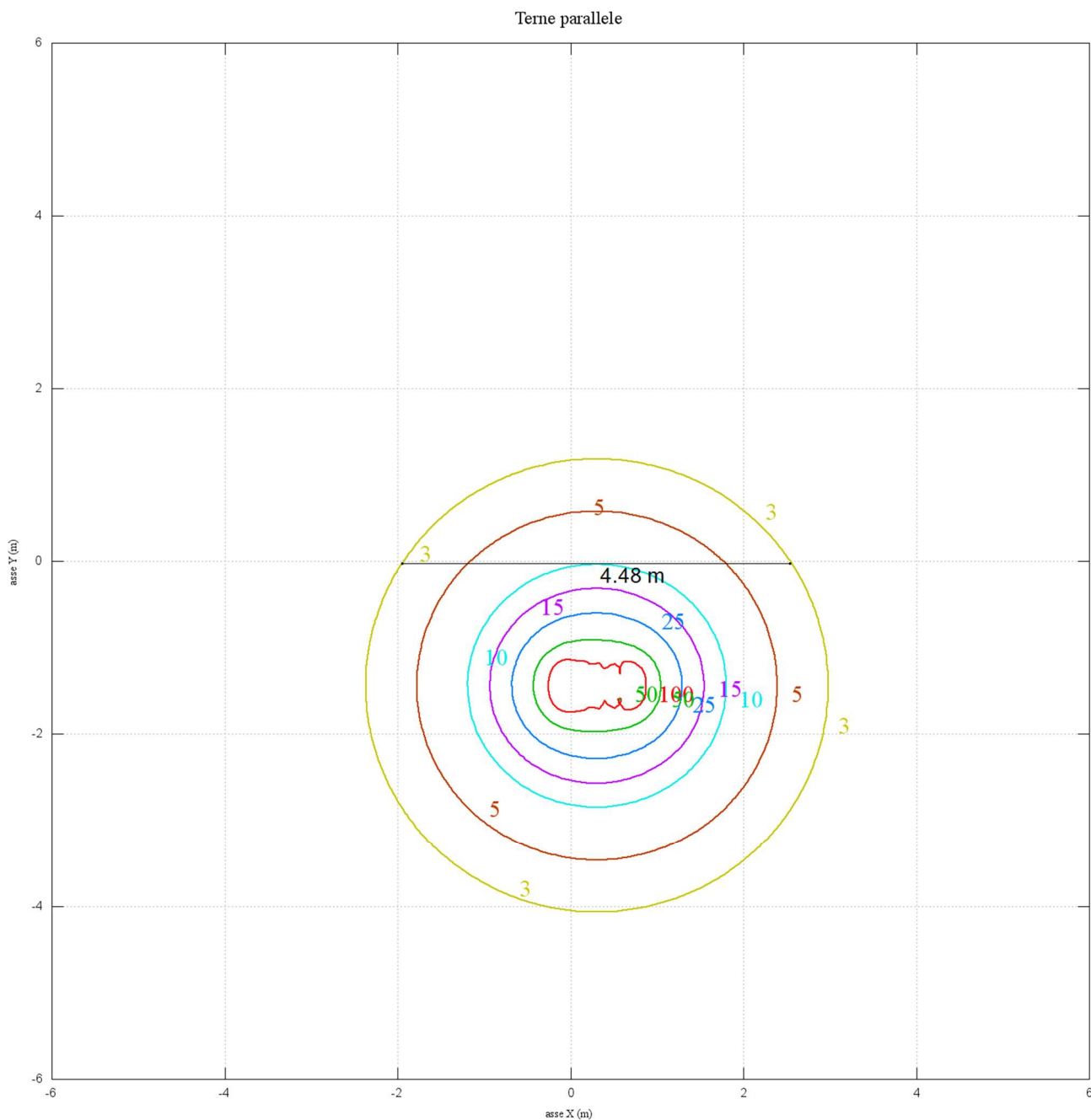
**CAS02: Tratto A1-B di Via della Vita: parallelismo n.4 cavi MT di progetto 240mmq con n.8 cavi MT esistenti 185mmq e n.1 cavo MT sez. 3x1x240mmq in corso di autorizzazione per altro produttore**



Le analisi effettuate evidenziano che in questo tratto A1-B, i valori di induzione magnetica calcolati sono inferiori alla soglia di 3 µT per una distanza di circa 5.3 m a cavallo dell'asse dell'elettrodotto. Verrà assunta una fascia di rispetto di 5.5 m a cavallo dell'asse del cavidotto e di conseguenza una DPA di 2.75 m

# Studio Tecnico Ing. Claudio Berti

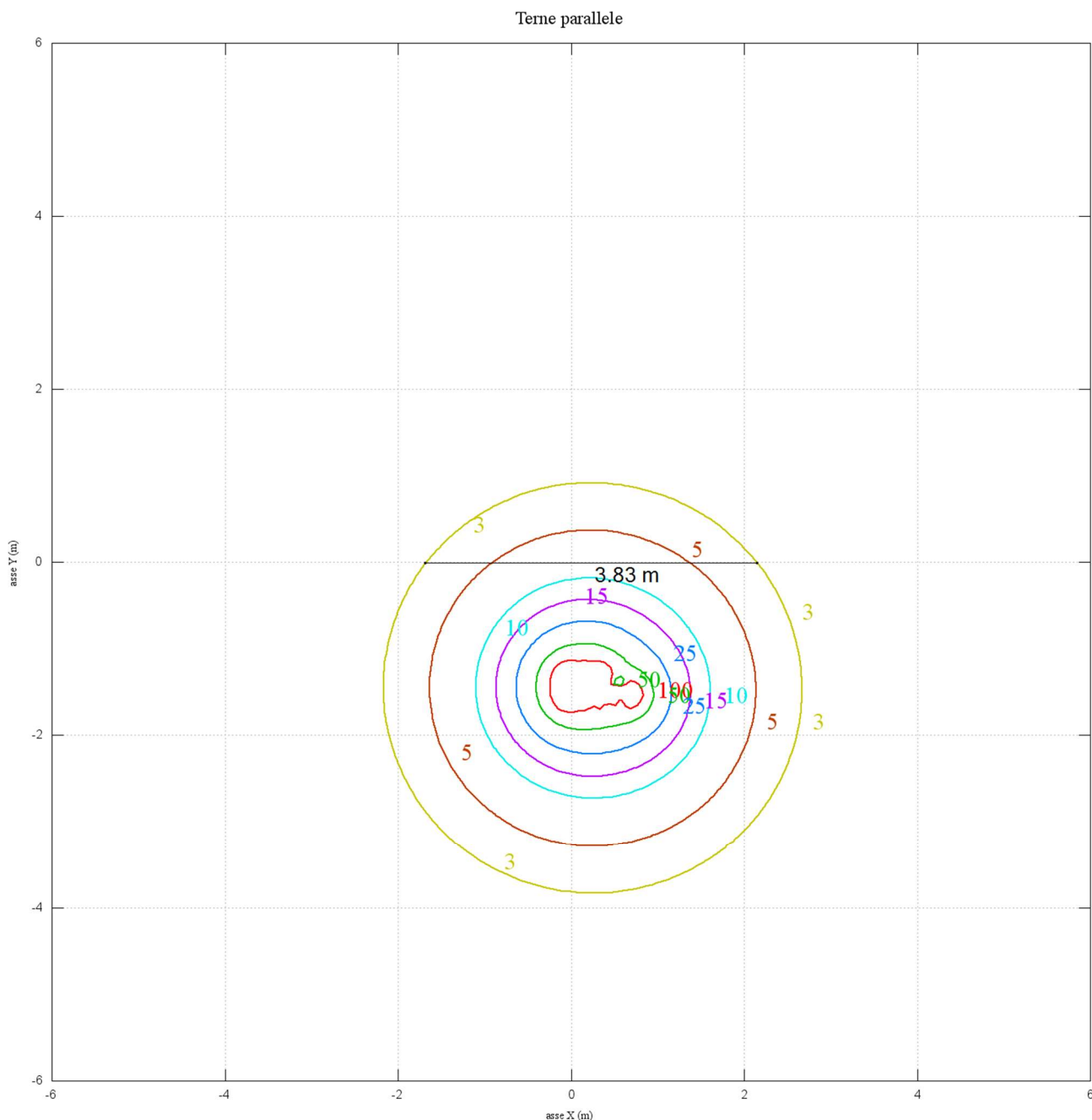
**CASO 3: Tratto C-D di Via Bassa Inferiore: parallelismo n.4 cavi MT di progetto 240mmq con n.3 cavi MT esistenti 185mmq e n.1 cavo MT sez. 3x1x240mmq in corso di autorizzazione per altro produttore**



Le analisi effettuate evidenziano che in questo tratto C-D, i valori di induzione magnetica calcolati sono inferiori alla soglia di 3 µT per una distanza di circa 4.48 m a cavallo dell'asse dell'elettrodotto. Verrà assunta una fascia di rispetto di 4.5 m a cavallo dell'asse del cavidotto e di conseguenza una DPA di 2.25 m

# Studio Tecnico Ing. Claudio Berti

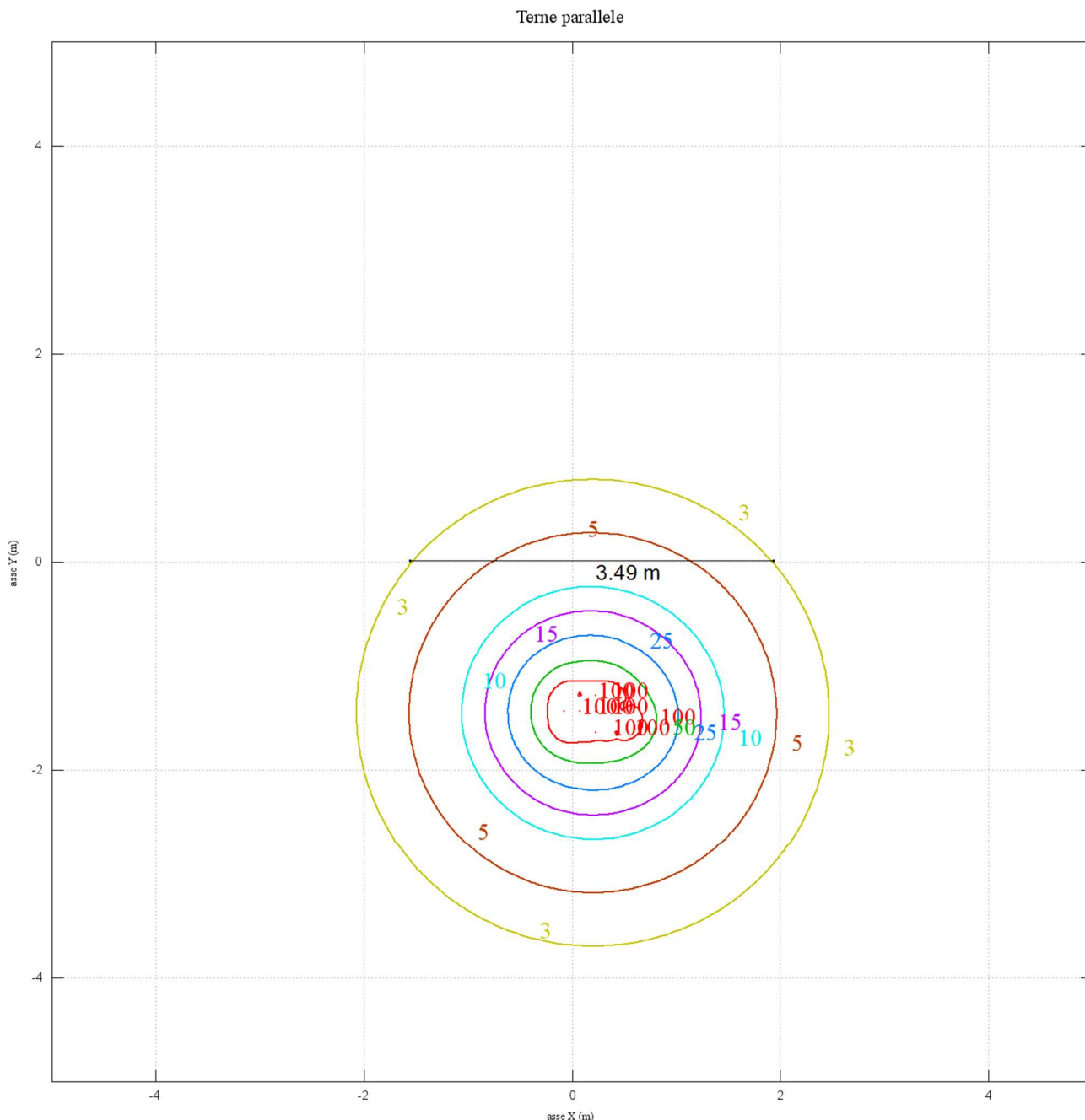
**CASO 4: Tratto D-D1 di Via Bentini: parallelismo n.4 cavi MT di progetto 240mmq con n.2 cavi MT esistenti 185mmq e n.1 cavo MT sez. 3x1x240mmq in corso di autorizzazione per altro produttore;**



Le analisi effettuate evidenziano che in questo tratto D-D1, i valori di induzione magnetica calcolati sono inferiori alla soglia di 3  $\mu$ T per una distanza di circa 3.83 m a cavallo dell'asse dell'elettrodotto. Verrà assunta una fascia di rispetto di 4 m a cavallo dell'asse del cavidotto e di conseguenza una DPA di 2 m

# Studio Tecnico Ing. Claudio Berti

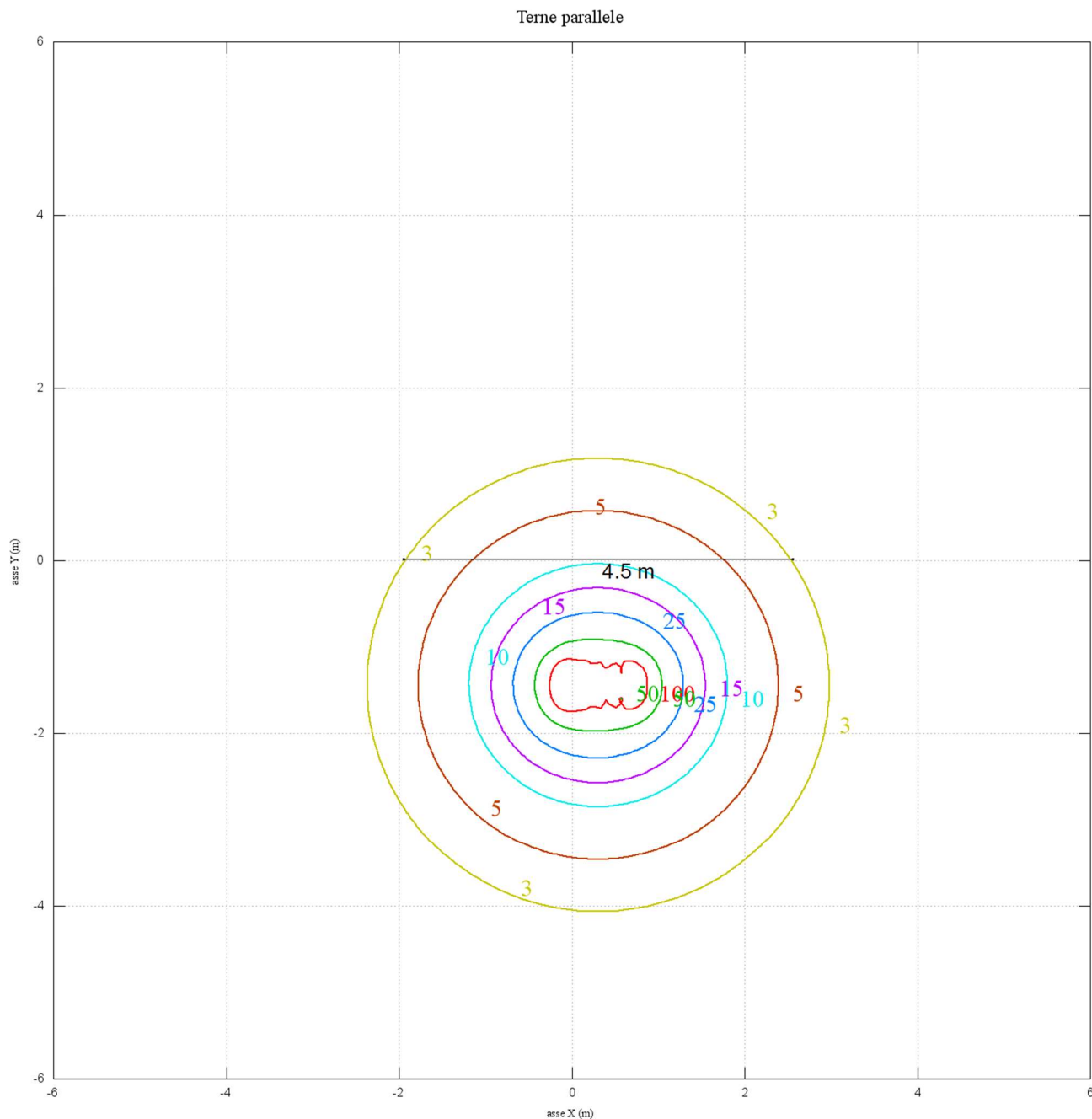
**CASO 5: Tratto D1-D2 di Via Curiel: parallelismo n.4 cavi MT di progetto 240mmq con n.1 cavi MT esistenti 185mmq e n.1 cavo MT sez. 3x1x240mmq in corso di autorizzazione per altro produttore;**



Le analisi effettuate evidenziano che in questo tratto D1-D2, i valori di induzione magnetica calcolati sono inferiori alla soglia di  $3 \mu T$  per una distanza di circa 3.49 m a cavallo dell'asse dell'elettrodotto. Verrà assunta una fascia di rispetto di 3.5 m a cavallo dell'asse del cavidotto e di conseguenza una DPA di 1.75 m

# Studio Tecnico Ing. Claudio Berti

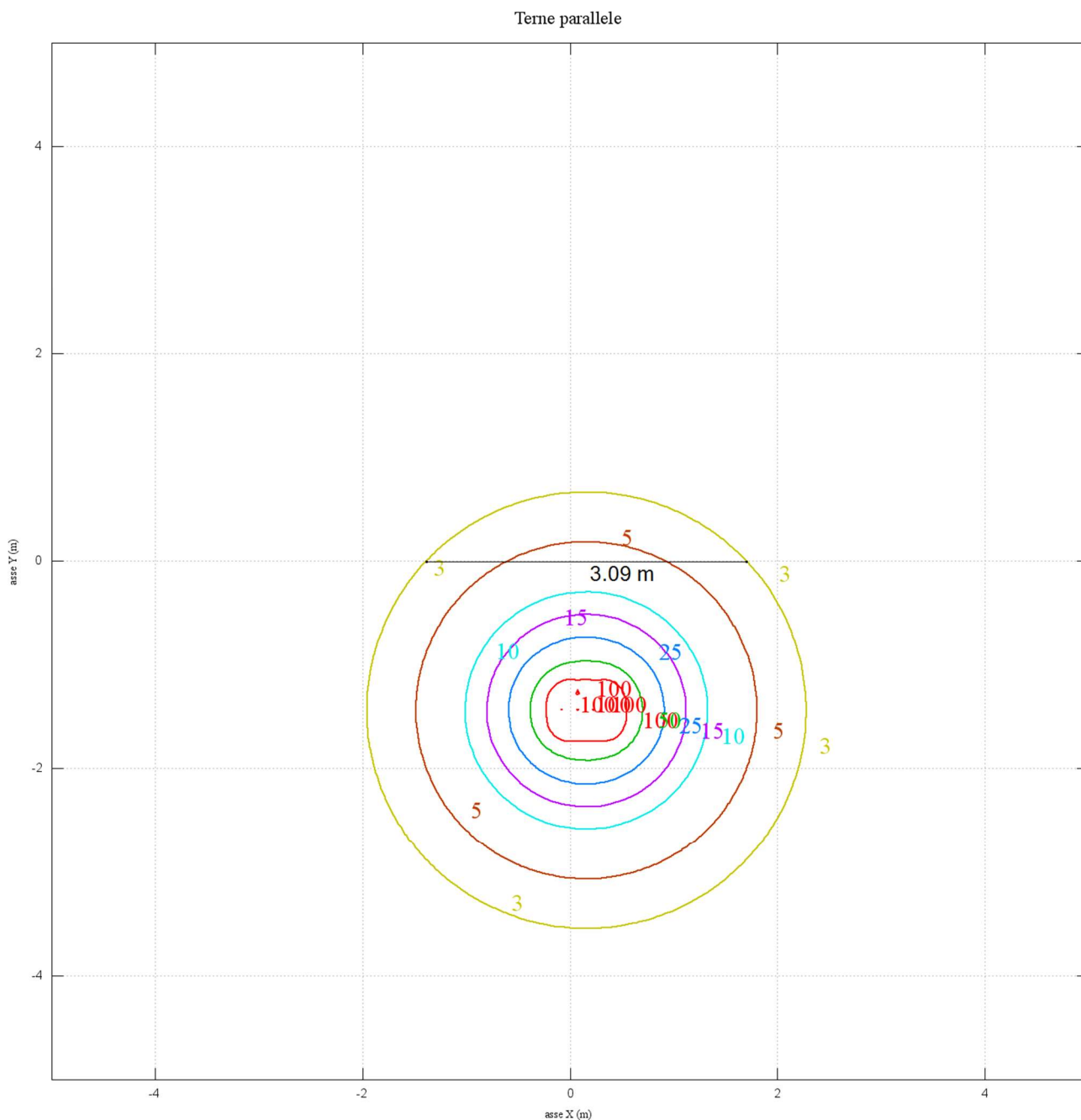
**CASO 6: Tratto D2-D3 di Via Castellina: parallelismo n.4 cavi MT di progetto 240mmq con n.3 cavi MT esistenti 185mmq e n.1 cavo MT sez. 3x1x240mmq in corso di autorizzazione per altro produttore;**



Le analisi effettuate evidenziano che in questo tratto D2-D3, i valori di induzione magnetica calcolati sono inferiori alla soglia di 3  $\mu$ T per una distanza di circa 4,5 m a cavallo dell'asse dell'elettrodotto. Verrà assunta una fascia di rispetto di 4.5 m a cavallo dell'asse del cavidotto e di conseguenza una DPA di 2.25 m

# Studio Tecnico Ing. Claudio Berti

**CASO 7: Punto D3-E di Via Curiel, angolo Via Castellina: attraversamento n.4 cavi MT di progetto 240mmq e n.1 cavo MT sez. 3x1x240mmq in corso di autorizzazione per altro produttore di n.1 cavo MT esistente 185mmq;**



Le analisi effettuate evidenziano che in questo tratto D3-E, i valori di induzione magnetica calcolati sono inferiori alla soglia di  $3 \mu T$  per una distanza di circa 3.1 m a cavallo dell'asse dell'elettrodotto. Verrà assunta una fascia di rispetto di 3.2 m a cavallo dell'asse del cavidotto e di conseguenza una DPA di 1.6 m

## 6.2 Cabina Primaria "Altedo"

All'interno della cabina primaria "Altedo" è previsto il potenziamento con la sostituzione dei due attuali trasformatori con due nuovi trasformatori da 40MVA ciascuno;

Nel caso delle cabine elettriche, ai sensi per paragrafo 5.2 dell'allegato al D.M. 29.05.08, la fascia di rispetto è intesa come distanza da ciascuna della pareti ( tetto, pavimento e pareti laterali) della cabina primaria e va calcolato simulando una linea trifase, con cavi paralleli, percorsa dalla corrente nominale delle tensione meno elevata applicando la seguente relazione

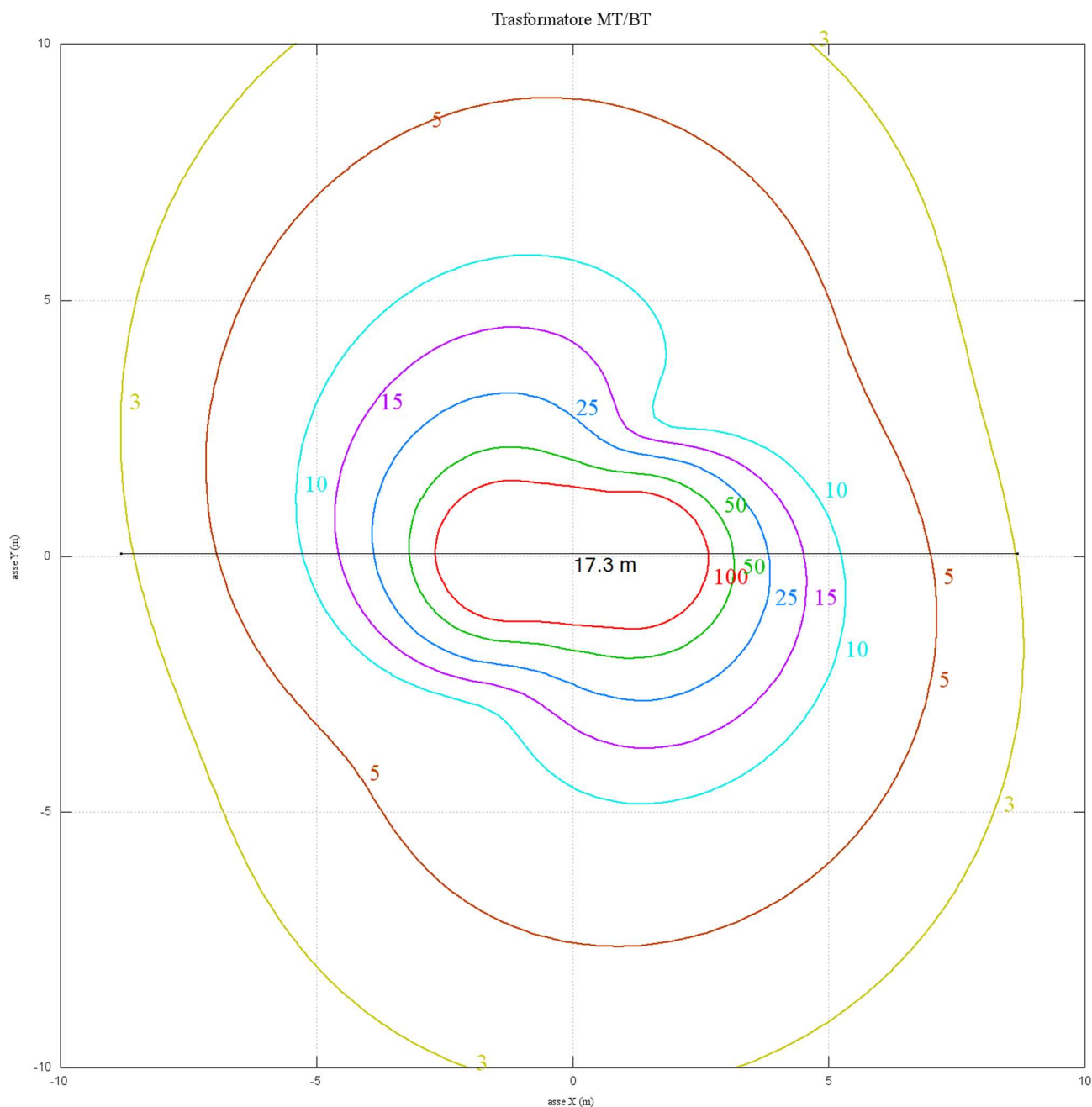
$$DPA = 0,40942 \cdot x^{0,5241} \cdot \sqrt{I}$$

Dove:

I = corrente nominale in ingresso/uscita dal trasformatore

X = distanza tra le fasi pari al diametro reale ( conduttore + isolante ) del cavo (0,05m)

# Studio Tecnico Ing. Claudio Berti



Nel nostro caso unendo in un unico trasformatore la sommatoria dei due trasformatori arriviamo ad ottenere una D.P.A. pari a 8.65m e cautelativamente la poniamo paria a 9mt.



# Studio Tecnico Ing. Claudio Berti

## CONCLUSIONI

Il sottoscritto Ing. BERTI CLAUDIO, nato a Venezia il 23/11/1972 con studio a Castagnole di Paese (TV) in Vicolo P.M.Kolbe 2 in qualità di progettista elettrico, consapevole della sanzioni penali, nel caso di dichiarazioni non veritiere, di formazione o uso di atti falsi richiamate dall'art. 76 del O.P.R: 445 del 28/12/2000

### ASSEVERA

Che sono stati effettuati i calcoli dei valori efficaci dell'induzione magnetica associati alla conduttura MT in oggetto.

Il confronto tra valori di induzione magnetica calcolati e i limiti ammessi per la popolazione nella costruzione di nuovi elettrodotti dal DPCM 8 luglio 2003 evidenzia quanto segue:

- **Il livello di induzione magnetica supera i 3  $\mu$ T solo in aree estremamente vicine alla conduttura MT (< circa 3,00 m).**

Il confronto tra valori di induzione magnetica calcolati e i limiti ammessi per i lavoratori dal DLgs 81/2008 evidenzia i seguenti aspetti:

- **Il livello di induzione magnetica supera i 500  $\mu$ T solo nelle estreme vicinanze dei cavi della linea. In particolare si pone in evidenza come, in corrispondenza dei cavidotti MT, i livelli di induzione magnetica superiori ai 500  $\mu$ T si spingano, al massimo, fino a circa 0,04 m dall'asse della linea. Ciò, in ragione del valore limite di esposizione (DLgs 81/2008 - Allegato XXXVI – Lettera A – Tabella 1) che fino a 1 kHz è stabilito solo per capo e tronco, non costituisce un rischio per i lavoratori.**

**La DPA sulla cabina primaria di "Altedo" dovuto all'inserimento di numero due nuovi trasformatori di potenza pari a 40MVA in sostituzione agli attuali è pari cautelativamente a 9MT**