



REGIONE EMILIA ROMAGNA  
PROVINCIA DI PARMA  
COMUNE DI BORGO VAL DI TARO



PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE  
DEL PARCO EOLICO  
"MONTE CROCE DI FERRO"

Potenza complessiva 30 MW

PROGETTO DEFINITIVO  
DELL'IMPIANTO, DELLE OPERE CONNESSE E DELLE  
INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI

POR-R.4

Relazione tecnica CEM  
Opere di Rete

COMMITTENTE

**BORGOTARO  
WIND**

Piazza del Grano 3  
39100 Bolzano, Italia

GRUPPO DI LAVORO

Ing. GIUSEPPE STEFANINI: progettista opere civili, idrauliche e calcoli strutturali  
Ing. PIETRO RICCIARDINI (GEOTECH srl): progettista opere elettriche e sottostazione  
Ing. GIULIO BARTOLI, Dott. Geol. STEFANO MANTOVANI (MMA srl): SIA, studi paesaggistici, relazioni specialistiche, studio geologico geotecnico, studio di impatto acustico, simulazioni fotografiche  
Dott.ssa. MARIA GRAZIA LISENO (NOSTOI srl): studio archeologico  
Prof. DINO SCARAVELLI (Coop. ST.E.R.N.A.): relazione faunistica, piano di monitoraggio faunistico, avifaunistico e chiroteri, relazione floristico-vegetazionale  
Arch. LUCIANO SERCHIA: consulente paesaggistico  
Arch. STEFANO BOTTI (ABACUS sas) geom. CESARE SCHIATTI (STUDIO ARCO srl): rilievi aerofotogrammetrici e GNSS, documentazioni fotografiche da drone e da terra  
Arch. MATTEO MASCIA: modellazione tridimensionale e renderizzazione fotorealistica  
Dott. ENRICO CIRCELLI: consulenza micologica  
Dott. Forestale FRANCESCO MARIOTTI: progettista interventi forestali compensativi

SCALA:

-

FIRME



*Stefanini*

Rev.	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato	Data
00	Prima emissione	Ricciardini P.	Ricciardini P.	Piovatizzi A.	Marzo 2022
01	Integrazione nota ARPAE SAC Parma Prot. n. 203102/2022 del 12/12/2022	Ricciardini P.	Ricciardini P.	Piovatizzi A.	Marzo 2023



**REGIONE EMILIA ROMAGNA**

**Comune di Borgo Val di Taro (Parma)**

**BORGOTAROWIND**

**Borgotaro Wind Srl**

Piazza del Grano 3, Bolzano, P.IVA e Cod. Fisc. 03127880213

**PROGETTO DEL  
PARCO EOLICO “MONTE CROCE DI FERRO”,  
DELLE OPERE CONNESSE E  
DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI**

**PIANO TECNICO DELLE OPERE  
RELAZIONE TECNICA CEM – OPERE DI RETE**

**Revisione 01 d.d. marzo 2023**



## INDICE

1	PREMESSA .....	3
2	VALUTAZIONI CAMPO MAGNETICO .....	4
2.1	METODOLOGIA DI VERIFICA.....	4
2.2	CORRENTI DI CALCOLO .....	4
2.3	DISTANZA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE (DPA) ED AREA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE (APA) 5	
2.4	CALCOLO FASCE DI RISPETTO TRATTE IN CAVO INTERRATO .....	5
2.4.1	Posa a trifoglio singola terna .....	6
2.4.2	Rappresentazione della DPA .....	7
2.5	CALCOLO FASCE DI RISPETTO RACCORDI AEREI.....	7
2.5.1	Singola terna disposizione mensole a triangolo.....	8
2.5.2	Singola terna disposizione mensole in piano .....	9
3	VALUTAZIONI CAMPO ELETTRICO .....	10
3.1	CALCOLO CAMPO ELETTRICO TRATTE IN CAVO INTERRATO .....	10
3.2	CALCOLO CAMPO ELETTRICO TRATTE IN ELETTRDOTTO AEREO .....	10
4	VALUTAZIONE CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI STAZIONE ELETTRICA .....	12
4.1	DISPOSIZIONE ELETTROMECCANICA.....	12
4.1.1	Apparecchiature .....	12
4.2	VALUTAZIONE DELLE FASCE DI RISPETTO .....	13
5	VERIFICA RECETTORI POTENZIALMENTE SENSIBILI.....	16
6	CONCLUSIONI .....	26



## 1 PREMESSA

Il presente elaborato è stato revisionato al fine di recepire:

- le integrazioni richieste con note prot. 203102/2022 trasmessa in data 12/12/2022 e prot. 205606/2022 trasmessa in data 15/12/2022 da parte di ARPAE Servizio Autorizzazioni e Concessioni di Parma ai seguenti paragrafi:
  - o G. Inquinamento elettromagnetico:
    - G.21 Dati relativi ai fabbricati;
    - G.22 Simulazione numerica tridimensionale del campo di induzione magnetica a 50 Hz;
- gli approfondimenti richiesti con nota prot. PG/2022/0201309 trasmessa in data 15/12/2022 da parte del Servizio Sanitario regionale dell'Emilia Romagna – Azienda Unità Locale Sanitaria di Parma – Dipartimento Sanità Pubblica;
- le richieste di modifica e integrazione richieste da Terna SpA con e-mail del 10/03/2023 in merito a dettagli di carattere tecnico-elettrico.

Il presente elaborato è stato altresì redatto tenendo in considerazione le modifiche progettuali introdotte rispetto alla proposta progettuale iniziale sottoposta ad iter procedurale di PAUR e che sono meglio descritte nelle premesse dell'elaborato RI-R.0.

La presente relazione ha lo scopo di dimostrare, per l'opera in progetto, il rispetto del 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 rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti”*.

Tali valutazioni sono state effettuate nel pieno rispetto del D.P.C.M. dell'8 Luglio 2003, nonché della *“Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”*, approvata con DM 29 maggio 2008. (Pubblicato in G.U. n. 156 del 05/07/2008 – Supplemento Ordinario n. 160).

Il presente documento riporta i risultati e le conclusioni relativi al calcolo dei campi elettrico e magnetico generato dai seguenti impianti previsti in progetto:

- La futura Stazione Elettrica di smistamento 132 kV “SE Borgotaro”,
- Il raccordo aereo a 132 kV tra la linea esistente “Berceto – Borgotaro RT” e la futura “SE Borgotaro”;
- Il raccordo aereo a 132 kV tra la linea esistente “Pontremoli RT – Borgotaro RT” e la futura “SE Borgotaro”;
- I raccordi aereo – cavo 132 kV tra la Cabina “Borgotaro RT” e la futura “SE Borgotaro”.

Tutte le opere citate sono ubicate in Comune di Borgo Val di Taro, Provincia di Parma, in Regione Emilia Romagna.



## 2 VALUTAZIONI CAMPO MAGNETICO

La linea elettrica durante il suo normale funzionamento genera un campo magnetico proporzionale alla corrente che vi circola. Il valore dell'induzione magnetica decresce molto rapidamente con la distanza. Per il calcolo del campo del valore dell'induzione magnetica generata dall'elettrodotto oggetto di verifica è stato utilizzato il programma “EMF Tools Vers 4.08”, sviluppato da CESI in conformità alla norma CEI 211-4 in accordo a quanto disposto dal D.P.C.M. 08/07/2003.

### 2.1 METODOLOGIA DI VERIFICA

Ai fini dell'individuazione dei limiti entro i quali deve essere verificato il rispetto dell'obiettivo di qualità, così come definito nel D.P.C.M. dell'8 Luglio 2003, si è provveduto ad effettuare il calcolo delle fasce di rispetto.

Per “fasce di rispetto” si intendono quelle definite dalla Legge 22 febbraio 2001 n. 36, ovvero il volume racchiuso dalle curve isolivello a 3 microtesla, all'interno delle quali non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario, ovvero un uso che comporti una permanenza superiore a 4 ore, da determinare in conformità alla metodologia di cui al D.P.C.M. 08/07/2003.

Tale DPCM prevede (art. 6 comma 2) che l'APAT (ora ISPRA), sentite le ARPA, definisca la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto con l'approvazione del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.

Con Decreto 29 maggio 2008 (pubblicato in G.U. n. 156 del 05/07/2008 - Supplemento Ordinario n. 160) il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ha approvato la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti.

In particolare la procedura da seguire, per la verifica della conformità dell'opera in materia di campi magnetici, è quella che si riporta di seguito:

1. Valutazione delle correnti di calcolo da applicare alla linea aerea (per il dettaglio vedere par. 2.2);
2. Calcolo le DPA, così come meglio definite nel par. 2.3, successivamente riportate in planimetria su base aerofotogrammetrica, in scala 1:2000 (per il dettaglio vedere planimetrie specifiche di progetto);
3. Verifica sulle planimetrie di cui sopra dell'eventuale presenza di recettori e manufatti ricadenti all'interno della DPA;
4. Per ognuno degli eventuali recettori individuati, provvedere ad un calcolo tridimensionale attraverso il quale verificare il non superamento dell'obiettivo di qualità, nel punto del recettore più vicino all'elettrodotto.
5. Per tutti gli altri manufatti accertare la destinazione d'uso e stato di conservazione attraverso visure catastali e sopralluoghi sul posto, potendo così escluderli dalla definizione di “recettore”.

### 2.2 CORRENTI DI CALCOLO

Come disposto nel D.M. 29 maggio 2008, nel calcolo, sono stati considerati i seguenti valori di corrente:

- Per il tratto in cavo interrato, con conduttore in alluminio di sezione pari a 1600 mm<sup>2</sup>, la massima portata in regime permanente, così come definita nella Norma CEI 11-17, pari a 1000 A;



- Per i tratti in elettrodotto aereo costituenti i raccordi alla nuova SE Borgotaro la portata CEI 11-60 relativa al conduttore All./Acc.  $\phi=22.8$  mm di prevista installazione corrispondente, per la zona B, a 442 A.

Per i tratti dove si mantiene il conduttore attualmente in opera in All./Acc.  $\phi=19.38$ mm si considera come portata, a favore di sicurezza, la stessa prevista per il 22,8mm.

## 2.3 DISTANZA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE (DPA) ED AREA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE (APA)

Al fine di semplificare la gestione territoriale e il calcolo delle fasce di rispetto, il Decreto 29 Maggio 2008 prevede che il gestore debba calcolare la **Distanza di Prima Approssimazione**, definita come *“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 di DPA si trovi all'esterno delle fasce di rispetto”*. In corrispondenza di cambi di direzione, parallelismi e derivazioni, viene invece introdotto il concetto di **Area di Prima Approssimazione**, calcolata secondo i procedimenti riportati nella metodologia di calcolo, di cui al par. 5.1.4 dell'Allegato al Decreto 29 Maggio 2008.

Nelle planimetrie allegate “Corografia di progetto con Distanza di Prima Approssimazione - Opere di rete” (cod. POR-Tav.5.1\_rev01) e “Planimetria catastale con Distanza di Prima Approssimazione - Opere di rete” (cod. POR-Tav.5.2\_rev01) su base catastale e CTR.

Nei paragrafi 2.4 e 2.5 viene riportata la Distanza di Prima Approssimazione per le tratte in cavo interrato e per quelle dell'elettrodotto aereo mentre nel capitolo 5 è rappresentata la DPA per la nuova Stazione.

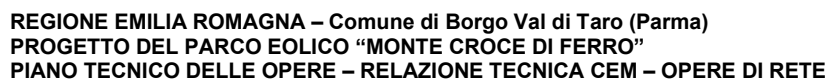
Al completamento della realizzazione dell'opera si procederà alla ridefinizione della distanza di prima approssimazione in accordo al “come costruito”, in conformità col par. 5.1.3 dell'allegato al Decreto 29 Maggio 2008.

## 2.4 CALCOLO FASCE DI RISPETTO TRATTE IN CAVO INTERRATO

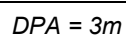
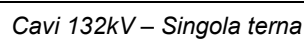
Si riporta di seguito la rappresentazione della fascia di rispetto lungo una sezione dell'elettrodotto in cavo interrato, ottenuta con il software “EMF Vers.4.08”.

Viene inoltre riportato il valore della distanza di prima approssimazione (DPA) definita come *“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 di Dpa si trovi all'esterno delle fasce di rispetto”*.

In relazione al tracciato scelto e alle modalità di posa prevista si riporta il calcolo delle DPA per le configurazioni di seguito.



### Posa 1 - Singola terna posa a trifoglio (I = 1000 A)





#### 2.4.2 Rappresentazione della DPA

Di seguito si riporta tabella riassuntiva delle DPA calcolate per le diverse configurazioni di posa previste:

Tipologia di posa	Disposizione geometrica	Profondità di posa	Distanza fra gli assi delle terne	DPA
<b><i>n.1 terna di cavi</i></b>				
Posa su terreno agricolo o su strada di una singola terna di cavi	Posa a trifoglio	1,5m	-	3m

La rappresentazione delle DPA per le in cavo interrato sono riportate nei documenti “Corografia di progetto con Distanza di Prima Approssimazione - Opere di rete” (cod. POR-Tav.5.1\_rev01) e “Planimetria catastale con Distanza di Prima Approssimazione - Opere di rete” (cod. POR-Tav.5.2\_rev01) su base catastale e CTR.

Al completamento della realizzazione dell’opera si procederà alla ridefinizione della distanza di prima approssimazione in accordo al come costruito, in conformità col par. 5.1.3 dell’allegato al Decreto 29 Maggio 2008.

#### 2.5 CALCOLO FASCE DI RISPETTO RACCORDI AEREI

Si riporta di seguito la rappresentazione della fascia di rispetto generata dagli elettrodotti aerei, ottenuta con il software “EMF Vers.4.08”.

Viene inoltre riportato il valore della distanza di prima approssimazione (DPA) definita come “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 di Dpa si trovi all’esterno delle fasce di rispetto”.

Vista la tipologia di sostegni impiegati e esistenti sono state analizzate le due configurazioni geometriche presenti la prima che prevede una disposizione a triangolo delle fasi la seconda che prevede invece la disposizione in piano dei conduttori.

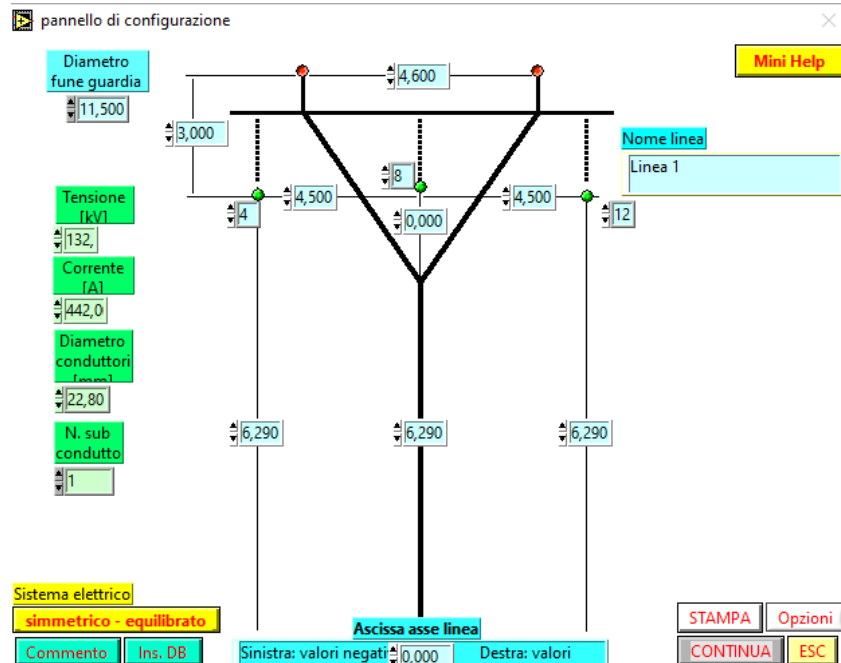




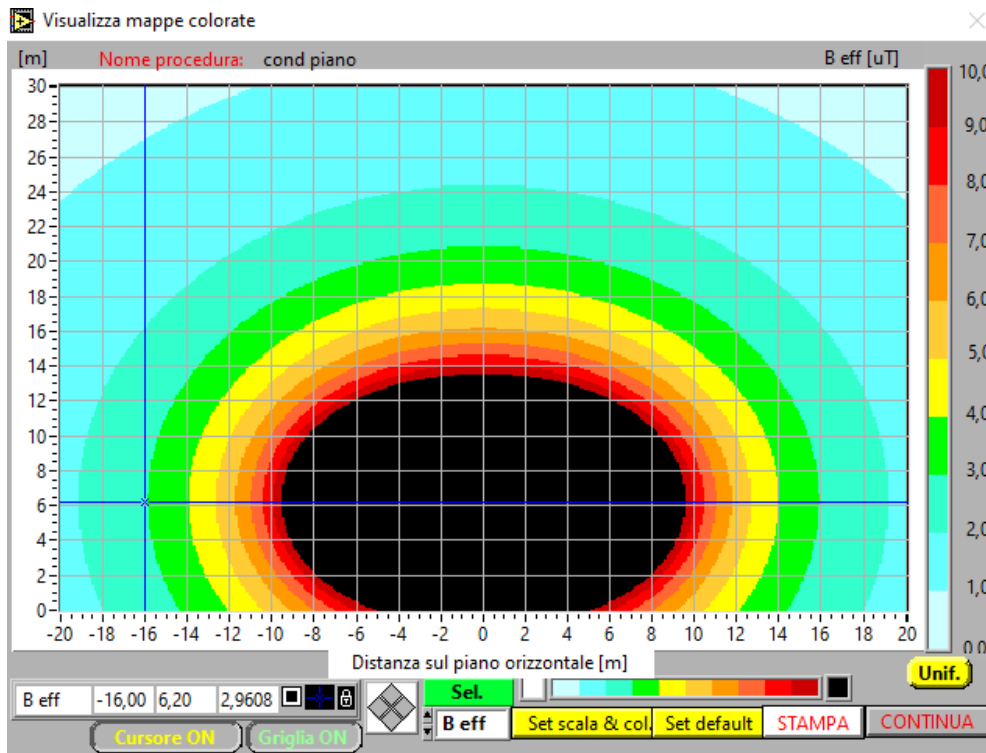


## 2.5.2 Singola terna disposizione mensole in piano

### Posa 1 - Singola terna mensole in piano (I = 442 A)



Conduttori 132kV – Singola terna



DPA = 16m



### 3 VALUTAZIONI CAMPO ELETTRICO

Il campo elettrico generato dalla linea dipende unicamente dal valore della tensione a cui questa viene esercitata; esso è stato calcolato in conformità alla Norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche".

L'altezza dal piano campagna, alla quale viene calcolato il valore del campo elettrico, è pari a 1.5 m. Tale valore è scelto in base alla Norma CEI 211-6 "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz - 100 kHz, con riferimento all'esposizione umana", la quale considera, in generale, come "significativi ai fini della caratterizzazione dell'esposizione umana", i punti ad altezze di 1 - 1.5 m dal piano di calpestio.

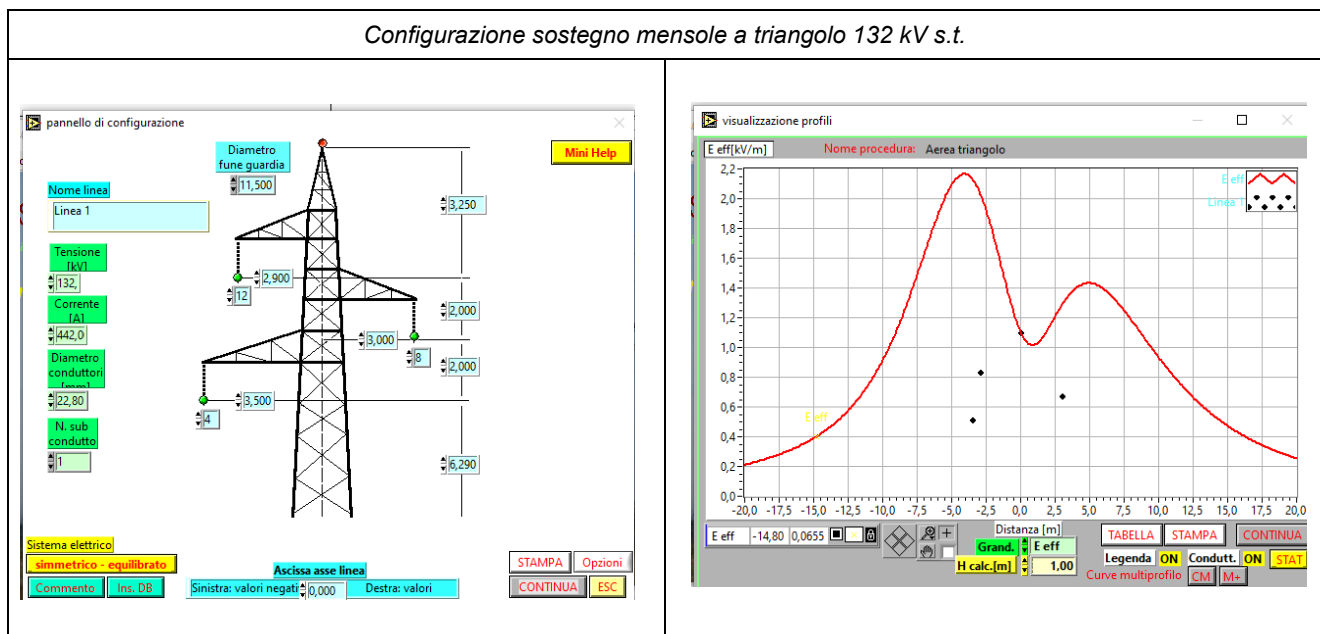
#### 3.1 CALCOLO CAMPO ELETTRICO TRATTE IN CAVO INTERRATO

Nel caso di cavi interrati la presenza dello schermo e della vicinanza dei conduttori delle tre fasi elettriche rende il campo elettrico di fatto nullo ovunque. Pertanto il rispetto della normativa vigente in corrispondenza dei recettori sensibili è sempre garantito ovunque, indipendentemente dalla distanza degli stessi dall'elettrodotto.

#### 3.2 CALCOLO CAMPO ELETTRICO TRATTE IN ELETTRODOTTO AEREO

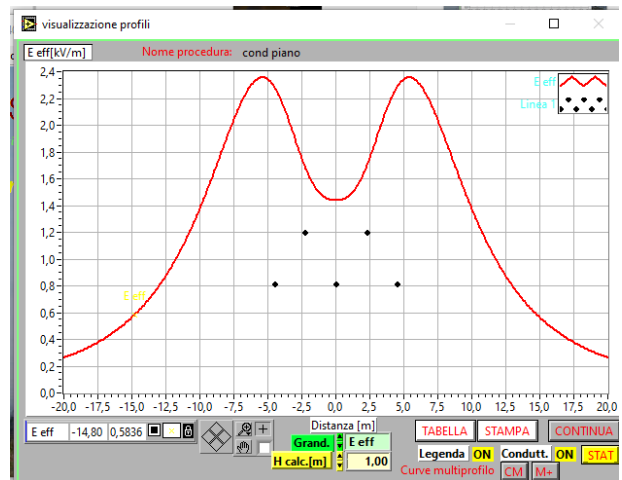
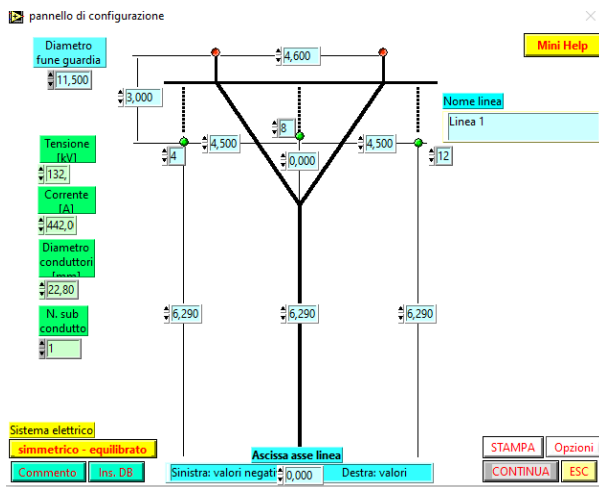
Per quanto riguarda l'altezza da terra dei conduttori degli elettrodotti in progetto, è stata considerata la distanza minima secondo Normativa, alla quale possono trovarsi i conduttori stessi. Per quanto riguarda l'altezza da terra dei conduttori degli elettrodotti in progetto, è stata considerata la distanza minima progettuale da terra, alla quale possono trovarsi i conduttori stessi. Tale distanza si verifica in condizioni di Massima Feccia con temperatura di riferimento di 40°C (Zona B) e, in base ai criteri progettuali adottati, risulta pari a 6,82 metri. Questi valori risultano comunque cautelativi rispetto a quelli indicati nel D.M. 21/03/1988 e ss. mm. ii., riportante le altezze minime da terra e le distanze minime dai fabbricati, da rispettare, nella progettazione di nuovi elettrodotti aerei.

Di seguito viene riportato il profilo del campo elettrico calcolato ad 1.5 m dal terreno, per le tipologie di sostegni utilizzati nell'opera.





Configurazione sostegno mensole in piano 132 kV s.t.





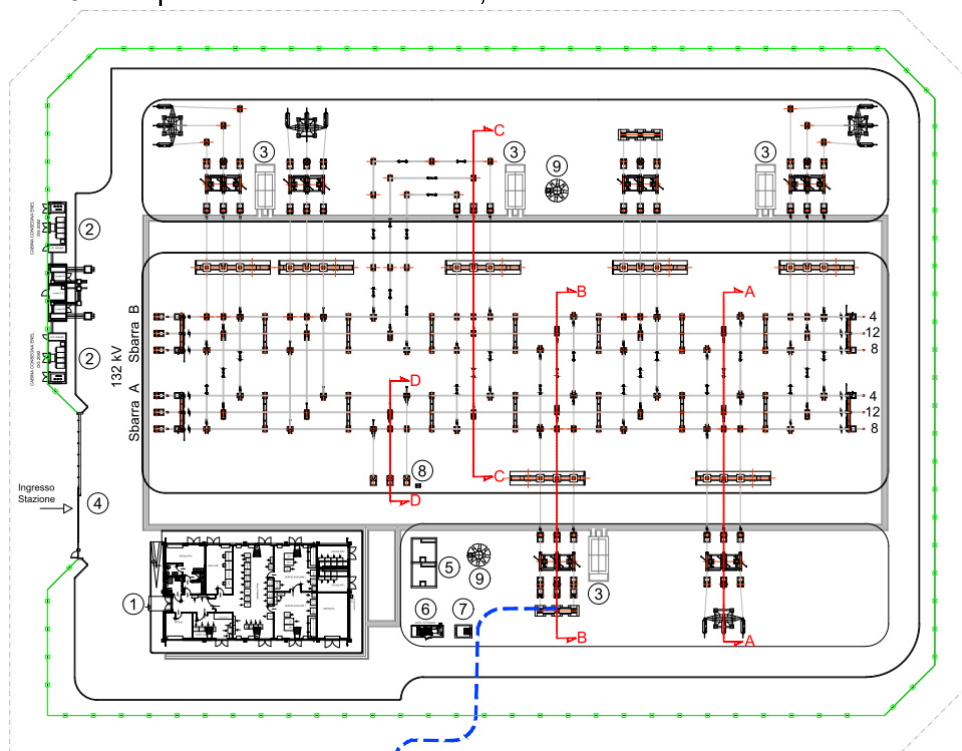
## 4 VALUTAZIONE CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI STAZIONE ELETTRICA

Di seguito si riporta il calcolo del campo magnetico ed elettrico generato dagli apparati di potenza presenti nella nuova stazione di smistamento 132kV SE Borgotaro.

### 4.1 DISPOSIZIONE ELETTROMECCANICA

La nuova Stazione Elettrica “SE Borgotaro” sarà del tipo unificato TERNA con isolamento in aria e stalli tradizionali: essa sarà pertanto del tipo AIS (Air Insulated Substation) cioè con isolamento sbarre e sezionamenti in aria. Nella massima estensione essa sarà costituita da:

- Una sezione 132 kV composta da:
  - n° 1 sistema a doppia sbarra;
  - n° 2 stalli per parallelo sbarre;
  - n° 6 stalli per linee aeree o in cavo;



*Planimetria SE Borgotaro*

#### 4.1.1 Apparecchiature

Le principali apparecchiature costituenti il nuovo impianto sono interruttori, sezionatori per connessione delle sbarre AT, sezionatori sulla partenza linee con lame di terra, scaricatori di sovratensione ad ossido metallico a protezione degli autotrasformatori, trasformatori di tensione e di corrente per misure e protezioni, bobine ad onde convogliate per la trasmissione dei segnali (si veda la tavola allegata al progetto delle Sezioni elettromeccaniche). Le principali caratteristiche tecniche complessive della stazione saranno le seguenti:

- Tensione massima sezione 132 kV 150 kV
- Frequenza nominale 50 Hz
- Correnti limite di funzionamento permanente:



- Sbarre 132 kV	2000	A
- Stalli linea 132 kV	1250	A
- Stallo di parallelo sbarre 132 kV	2000	A
- Potere di interruzione interruttori 132 kV	31.5	kA
- Corrente di breve durata 132 kV	31.5	kA
- Condizioni ambientali limite	-25/+40°C	

## 4.2 VALUTAZIONE DELLE FASCE DI RISPETTO

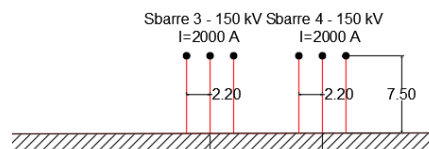
La metodologia di calcolo utilizzata è basata sull'algoritmo bidimensionale normalizzato nella CEI 211-4. In particolare il campo di induzione magnetica viene simulato utilizzando un algoritmo numerico basato sulla legge di Biot-Savart, mentre il campo elettrico viene simulato a mezzo di calcoli basati sul metodo delle cariche immagini. Alla frequenza di rete (50 Hz), il regime elettrico è di tipo quasi stazionario, e ciò permette la trattazione separata degli effetti delle componenti del campo elettrico e del campo magnetico. Questi ultimi in un punto qualsiasi dello spazio in prossimità di un elettrodotto trifase sono le somme vettoriali dei campi originati da ciascuna delle tre fasi e sfasati fra loro di 120°. In questo caso il calcolo è bidimensionale, e viene modellizzato considerando conduttori di lunghezza infinita e con direzione perfettamente ortogonale al piano. Per i calcoli è stato utilizzato il programma di simulazione “EMF Tools 4.2.2” sviluppato per TERNA dal CESI procedendo sia al calcolo della fascia di rispetto, e di conseguenza determinando la DPA, sia al calcolo del campo elettrico a 1m dal suolo. Per le fasce di rispetto, sono utilizzati i seguenti dati:

- Portata di corrente massima per ciascun elemento;
- Diametro, materiali e disposizioni geometriche come da progetto;
- Profondità/altezza dei conduttori rispetto al suolo;

L'ipotesi fondamentale alla base del calcolo delle fasce di rispetto consiste nel calcolare il campo elettromagnetico generato dalle sbarre a 150 kV, considerando la portata massima di corrente che scorre con verso concorde tra le sbarre stesse. Tale ipotesi è fortemente cautelativa poiché la probabilità che nei 2 gruppi sbarra circoli la corrente massima ammissibile in senso concorde è del tutto irrealistica. Inoltre si sottolinea come, in generale, Terna (ente gestore della RTN) ha dimostrato che generalmente la fascia DPA rimane all'interno della stazione con qualsiasi condizione di corrente circolante).

Entrando nel merito del calcolo, mediante il software EMF Tools 4.2.2, si sono calcolate le curve equilivello del campo magnetico.

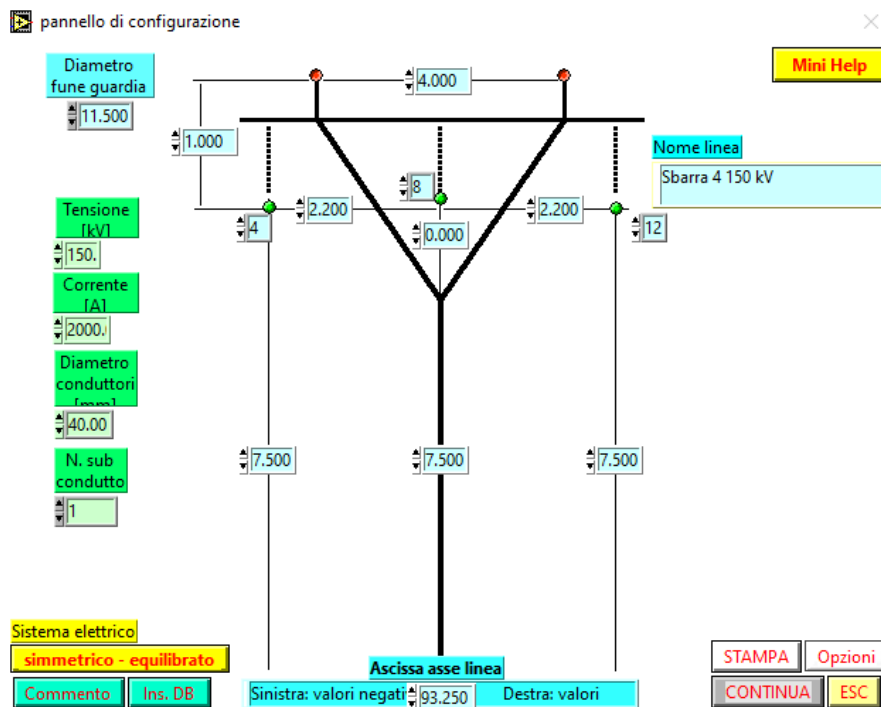
In particolare, nella sezione vengono modellate le 2 sbarre, come da configurazione geometrica seguente:



**Sezione di calcolo**

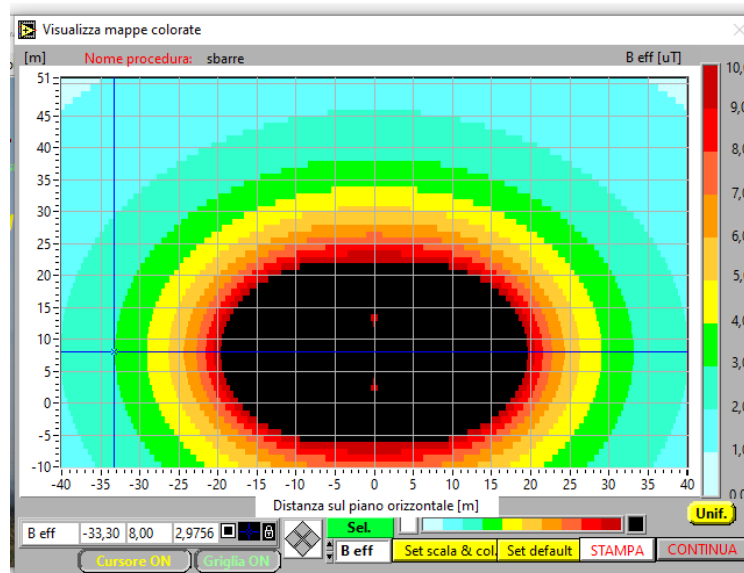
Le sbarre a 150 kV hanno con un'altezza dal suolo di 7.5 m, distanze reciproche tra le sbarre 2,20m e un interasse di 10,4 m.

La portata di corrente è quella massima prevista su ciascuna sbarra e la disposizione delle fasi su ciascun gruppo sbarra, partendo da sinistra verso destra è la seguente: 4-12-8.



**Configurazione geometrica sbarra 4.**

Ovviamente nelle figure precedenti è riportata la sagoma di un traliccio, unica rappresentazione schematica presente nel software di calcolo, quindi con la presenza anche di funi di guardia, totalmente ininfluenti ai fini del calcolo. Nella figura sottostante si riportano le curve isolivello del campo elettromagnetico generato, ponendo la progressiva 0 in corrispondenza della sbarra centrale 1:



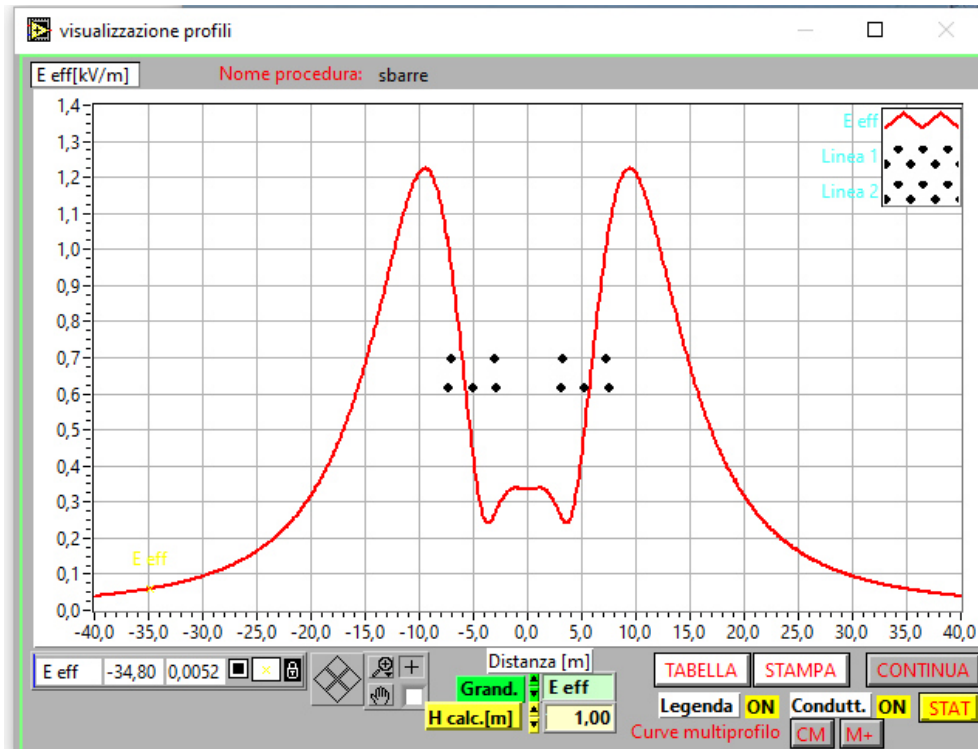
**Campo elettromagnetico generato dalle 2 sbarre con verso della corrente concorde.**

Come si può notare dalla figura soprastante, l'ampiezza della fascia APA ha estensione di 35 m dalla mezzeria delle due sbarre. Internamente alle sbarre il campo è sempre maggiore di 3  $\mu\text{T}$ .

Mediante queste simulazioni si è potuto rappresentare l'area caratterizzata da valori del campo elettromagnetico superiore a  $\mu\text{T}$  in caso di circolazione della corrente massima nelle sbarre



Per le stesse configurazioni geometriche si è valutato anche l'andamento del campo elettrico ad 1 m dal suolo, riportato nelle due figure successive:



**Campo elettrico lungo la sezione generato dalle 2 sbarre, sempre inferiore a 1.5 kV/m.**





## 5 VERIFICA RECETTORI POTENZIALMENTE SENSIBILI

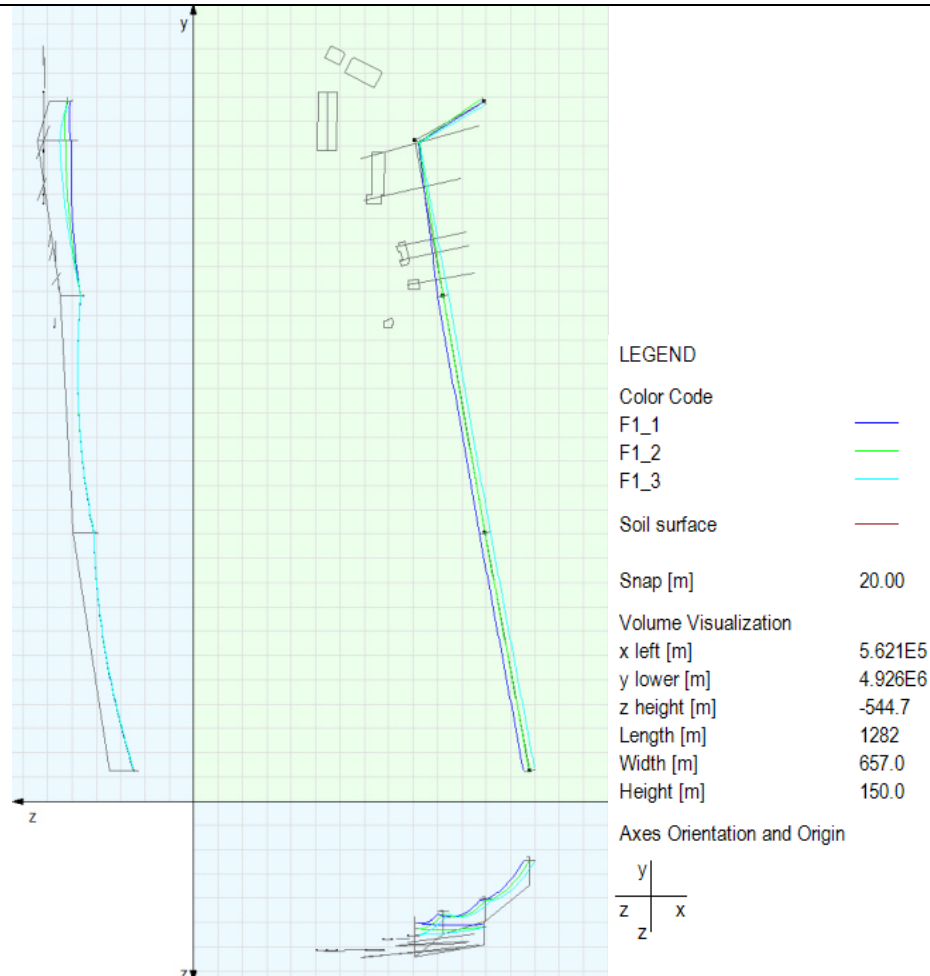
Mediante il software XGSLab-FD, sviluppato e validato da Sint Ingegneria si è calcolato la distribuzione del campo elettromagnetico 3D generato dall'elettrodotto in progetto nella tratta P1 M11-P3. Questo calcolo si è reso necessario per la presenza di potenziali recettori sensibili nelle immediate vicinanze dell'asse dell'elettrodotto stesso. Infatti in questi casi è necessario verificare che le curve del campo elettromagnetico corrispondenti a 3  $\mu$ T e 5 kV/m non vadano ad interessare edifici, aree ecc.. con permanenza di persone per un tempo continuativo maggiore delle 4 ore.

Per la verifica di questi limiti la procedura seguita è la seguente:

- Mediante il software PLSCADD (Powerline System) si è definito il profilo 3D delle catenarie in condizioni di massima Freccia estraendone la sua geometria in formato .dxf;
- All'interno dell'ambiente Autocad si è definito un layer per ciascuna fase elettrica, denominate rispettivamente F1\_1, F1\_2, F1\_3. A ciascuna fase è associato un verso di orientamento dei vertici delle polilinee 3D concordi (per massimizzare il valore del campo elettromagnetico generato);
- All'interno del software XGSA-FD si è importata la geometria 3D delle catenarie, le quali vengono suddivise in un certo numero di “span”, necessarie per la modellazione ad elementi finiti, ciascuna associata al proprio layer di fase;
- Ad ogni span devono essere associate le caratteristiche materiche ed elettriche. Si assegnano in questa fase diametro e materiale del conduttore e si definiscono i valori della tensione elettrica, dell'intensità di corrente, della fase. In particolare i dati elettrici inseriti sono i seguenti:

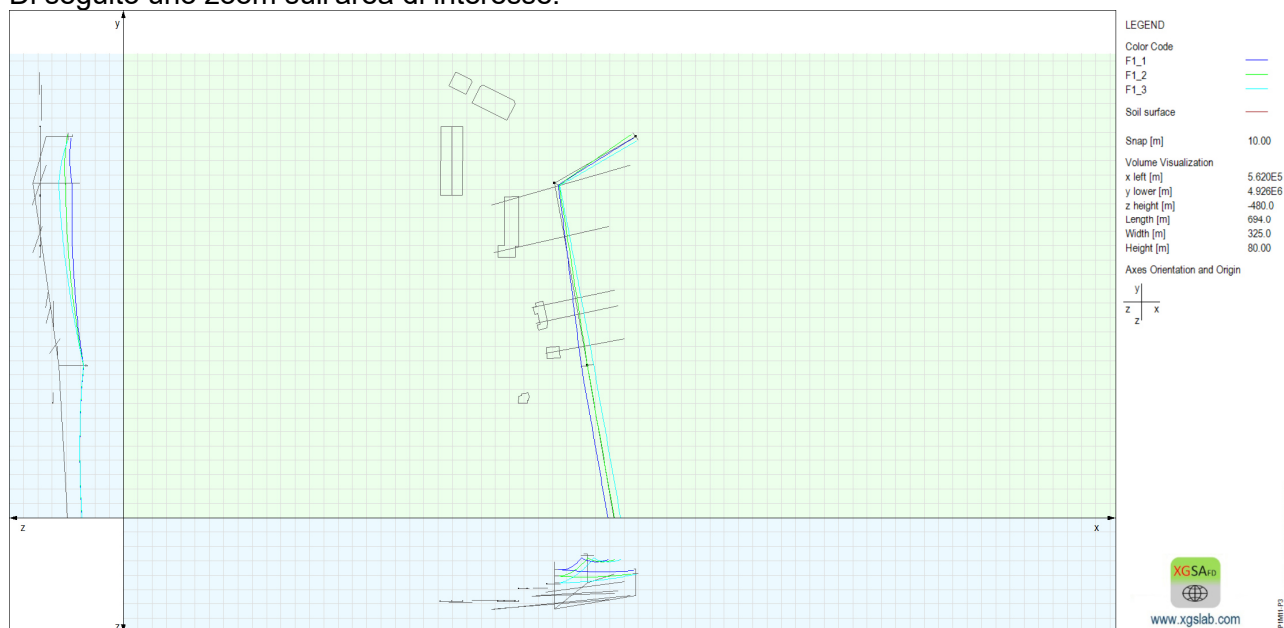
$$\begin{aligned}F1_1: U &= \frac{132}{\sqrt{2}} \text{ kV}, I = 442 \text{ A } \rho_1 = 0^\circ \\F1_2: U &= \frac{132}{\sqrt{2}} \text{ kV}, I = 442 \text{ A } \rho_2 = 120^\circ \\F1_3: U &= \frac{132}{\sqrt{2}} \text{ kV}, I = 442 \text{ A } \rho_3 = 240^\circ\end{aligned}$$

Nella figura sottostante si riporta la geometria delle fasi in progetto con la posizione delle sezioni di verifica puntuale e gli edifici compresi in una fascia di 60 m dall'asse dell'elettrodotto:



**Planimetria e sezioni nel piano verticale della geometria importata nel software XGSA-FD**

Di seguito uno zoom sull'area di interesse:

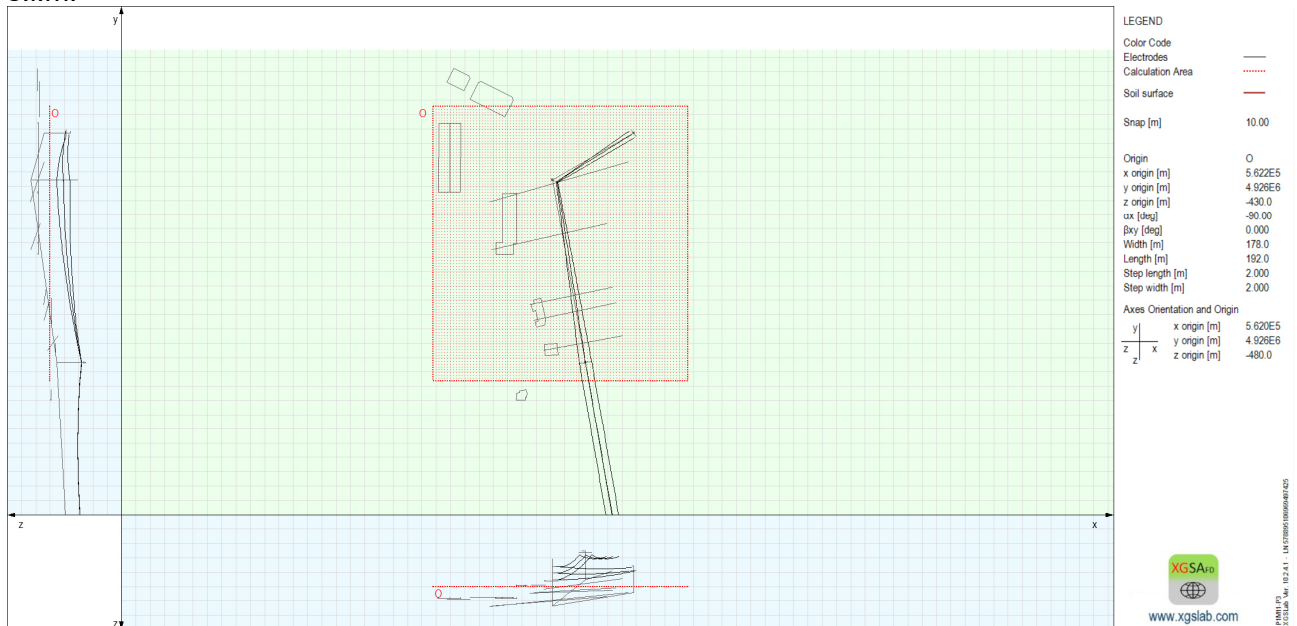


**Focus sull'area interessata dalla verifica dei recettori potenzialmente sensibili**



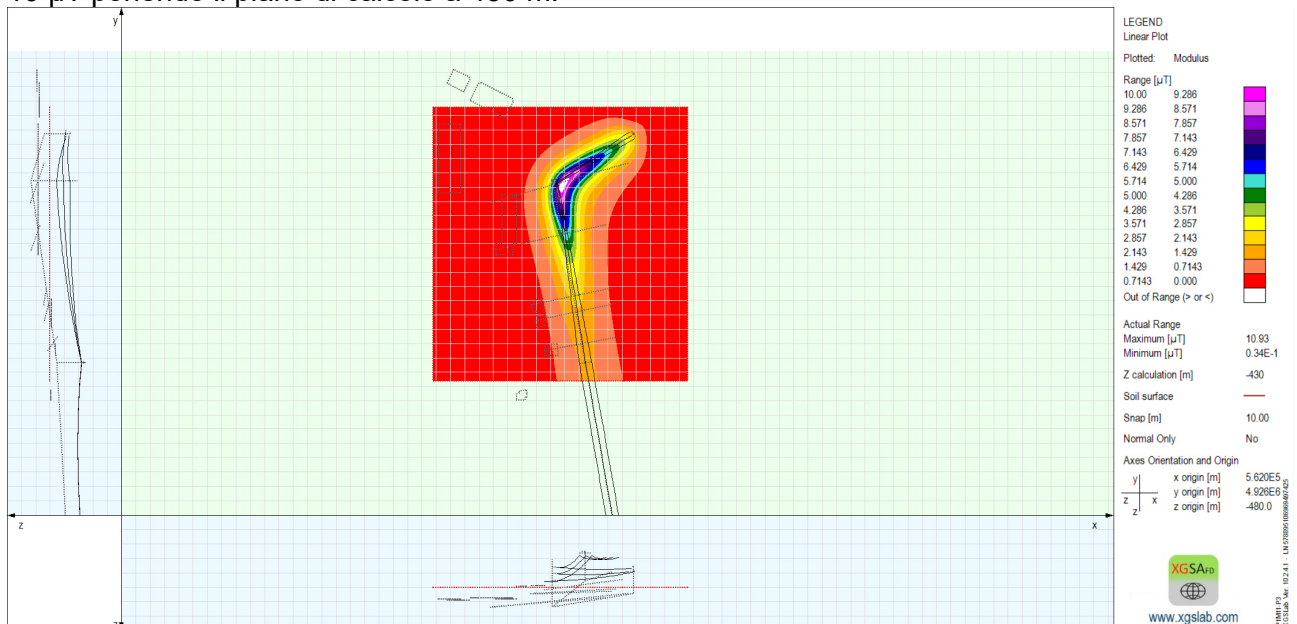
Dopo aver eseguito delle operazioni di debug per la verifica di eventuali versi delle span incompatibili, si procede al calcolo del campo elettromagnetico 3D generato dall'elettrodotto in progetto per i valori di corrente riportati in precedenza.

Nella figura sottostante si riporta la griglia di calcolo del campo elettromagnetico a quota di 430 m s.l.m:



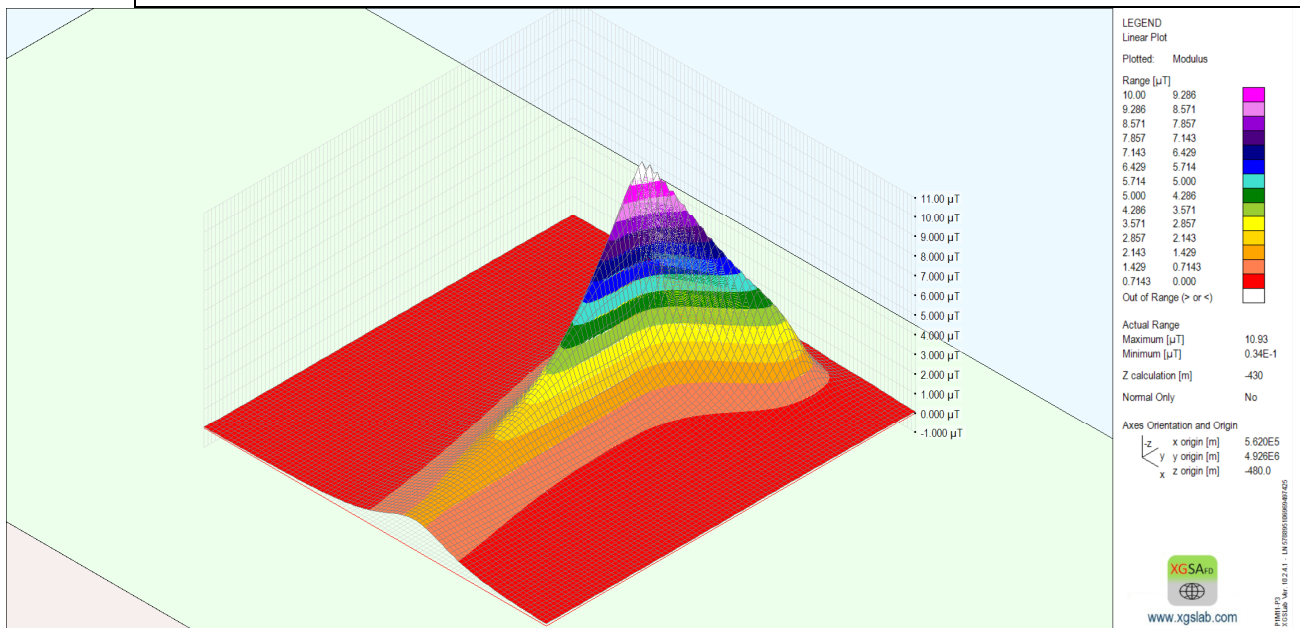
**Esempio di griglia di calcolo (lato 2 m) del campo elettromagnetico a quota fissata pari a 430 m**

Nella figura sottostante si riporta la distribuzione del campo magnetico per valori compresi tra 0 e 10  $\mu\text{T}$  ponendo il piano di calcolo a 430 m:



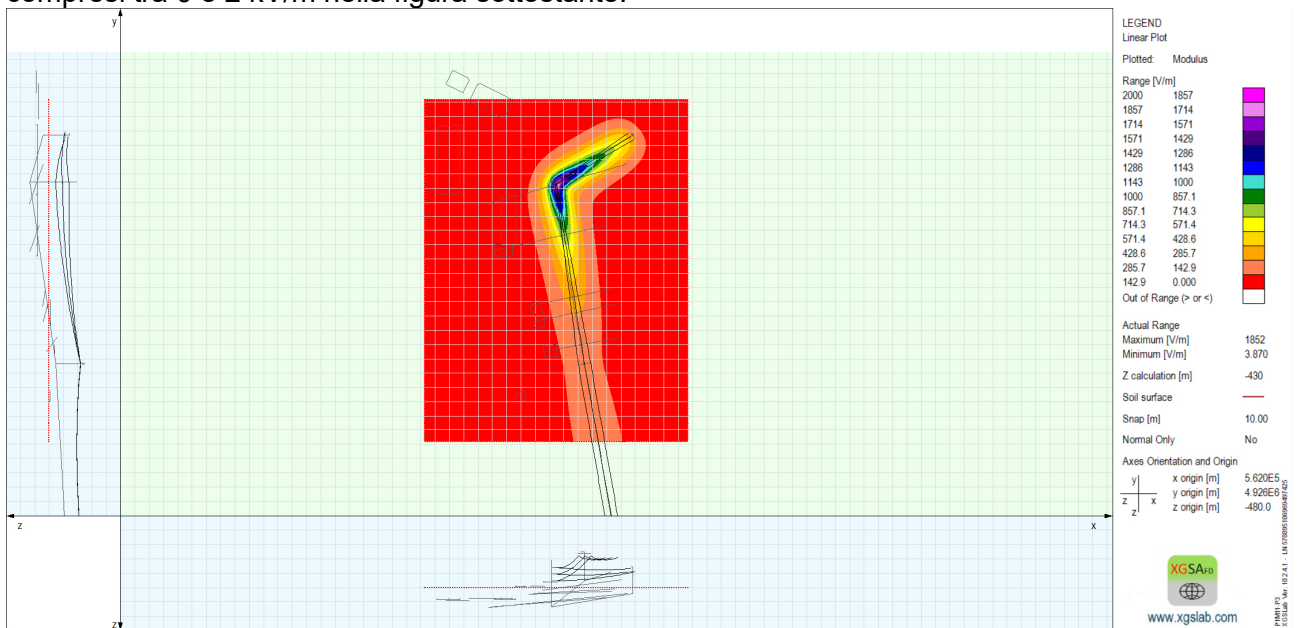
**Distribuzione planimetrica del campo magnetico generato dall'elettrodotto a quota fissata pari a 430 m**

Nella figura sottostante se ne riporta la vista 3D:



**Valori del campo magnetico calcolati in corrispondenza di una griglia a passo regolare di 2 metri di lato a quota fissata pari a 430 m**

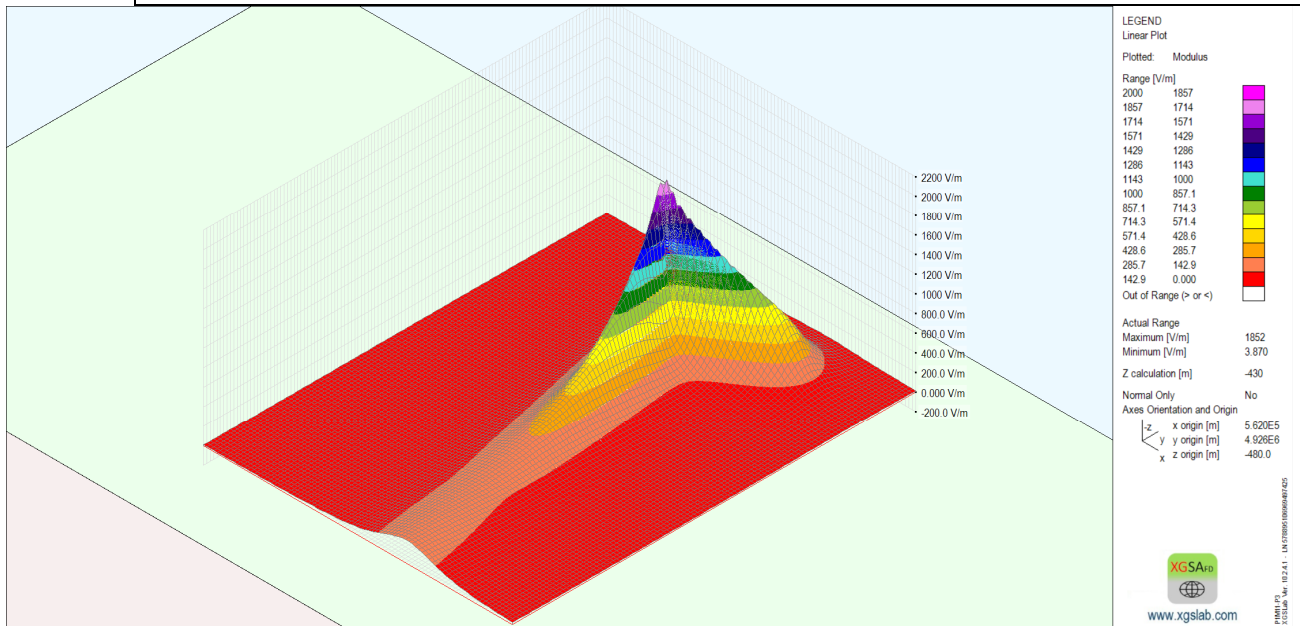
Analogamente viene eseguito il calcolo del campo elettrico, riportato in planimetria per valori compresi tra 0 e 2 kV/m nella figura sottostante:



**Campo elettrico generato dall'elettrodotto in oggetto, calcolato a quota pari a 430 m**

Di seguito la sua rappresentazione tridimensionale:





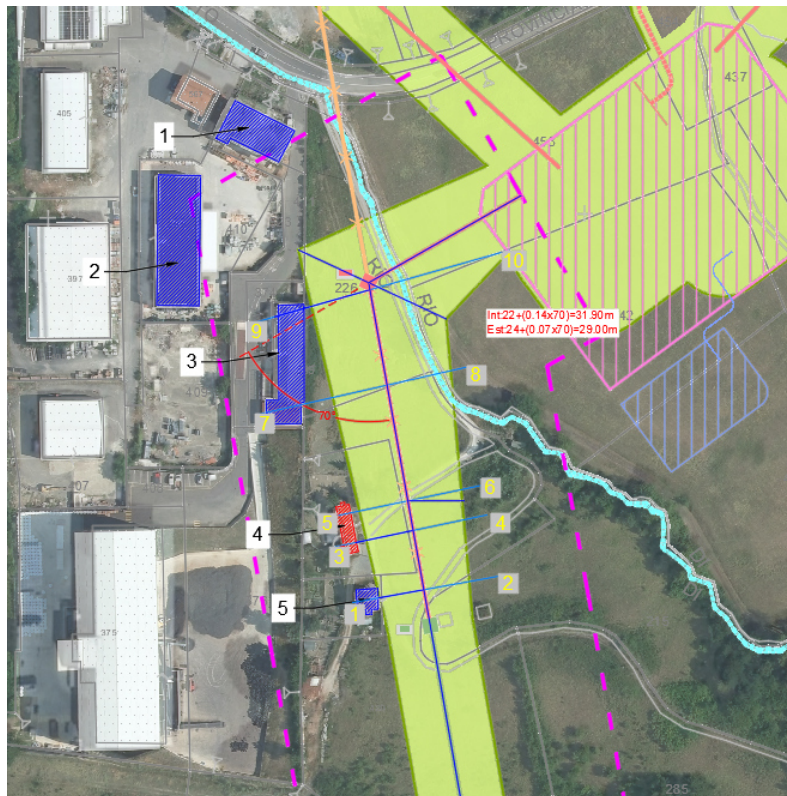
**Valori del campo elettrico generator dall'elettrodotto in progetto in condizioni di esercizio a quota fissata pari a 430 m**

Analogamente a quanto fatto in precedenza è possibile estrapolare le stesse curve equilivello anche nel piano x, y o y,z oppure in sezioni del piano verticale di qualsiasi orientamento.

Queste ultime sono quelle di interesse per la verifica dei recettori potenzialmente sensibili.

A tal proposito, in corrispondenza di sezioni pre-individuate, cioè dove il profilo delle catenarie si avvicina maggiormente agli edifici o ai recettori sensibili vengono estratte le curve equilivello del campo elettrico corrispondenti al valore di 5 kV/m e quelle del campo magnetico pari a 3  $\mu$ T. Tali sezioni sono sezioni nel piano verticale, perpendicolari all'asse linea.

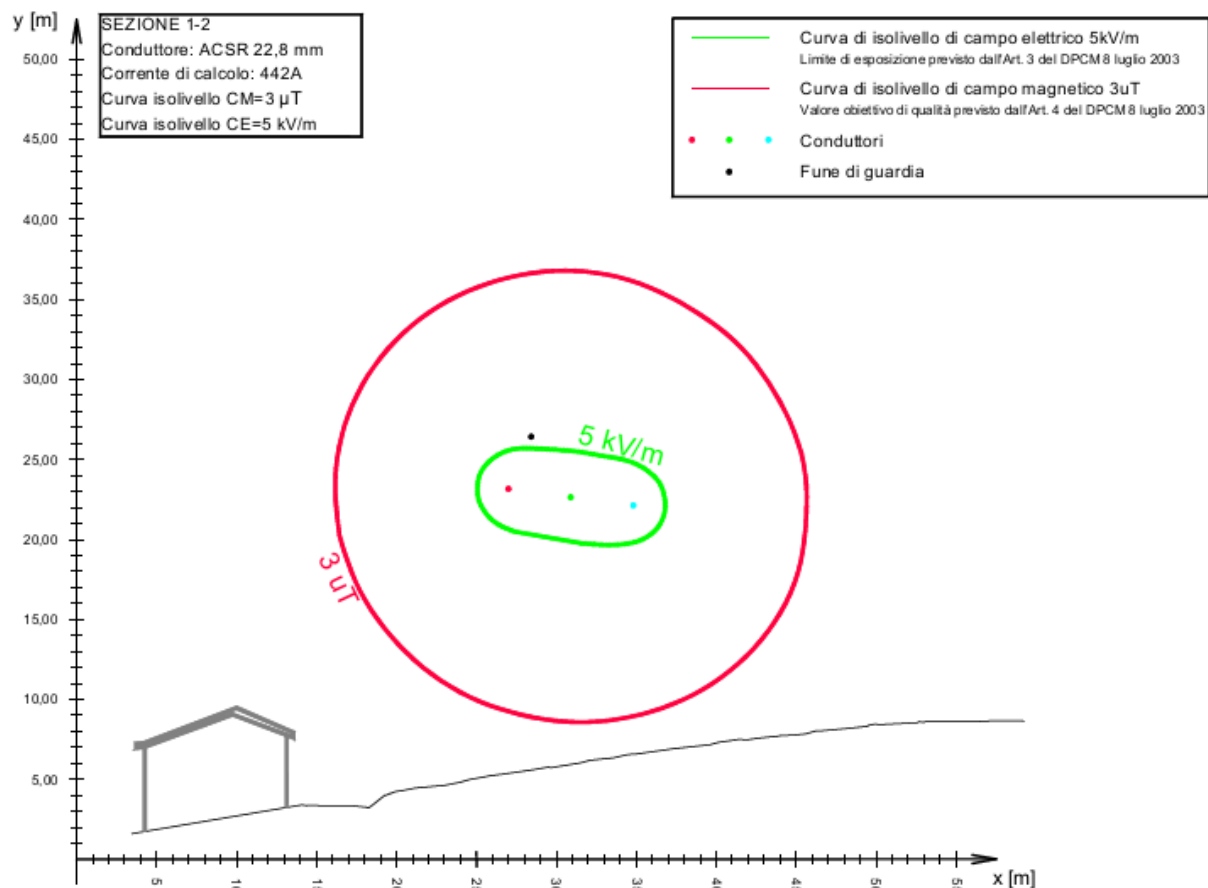
Nella figura sottostante si riportano in azzurro le tracce delle sopracitate sezioni indicate con numeri dall'1 al 10:



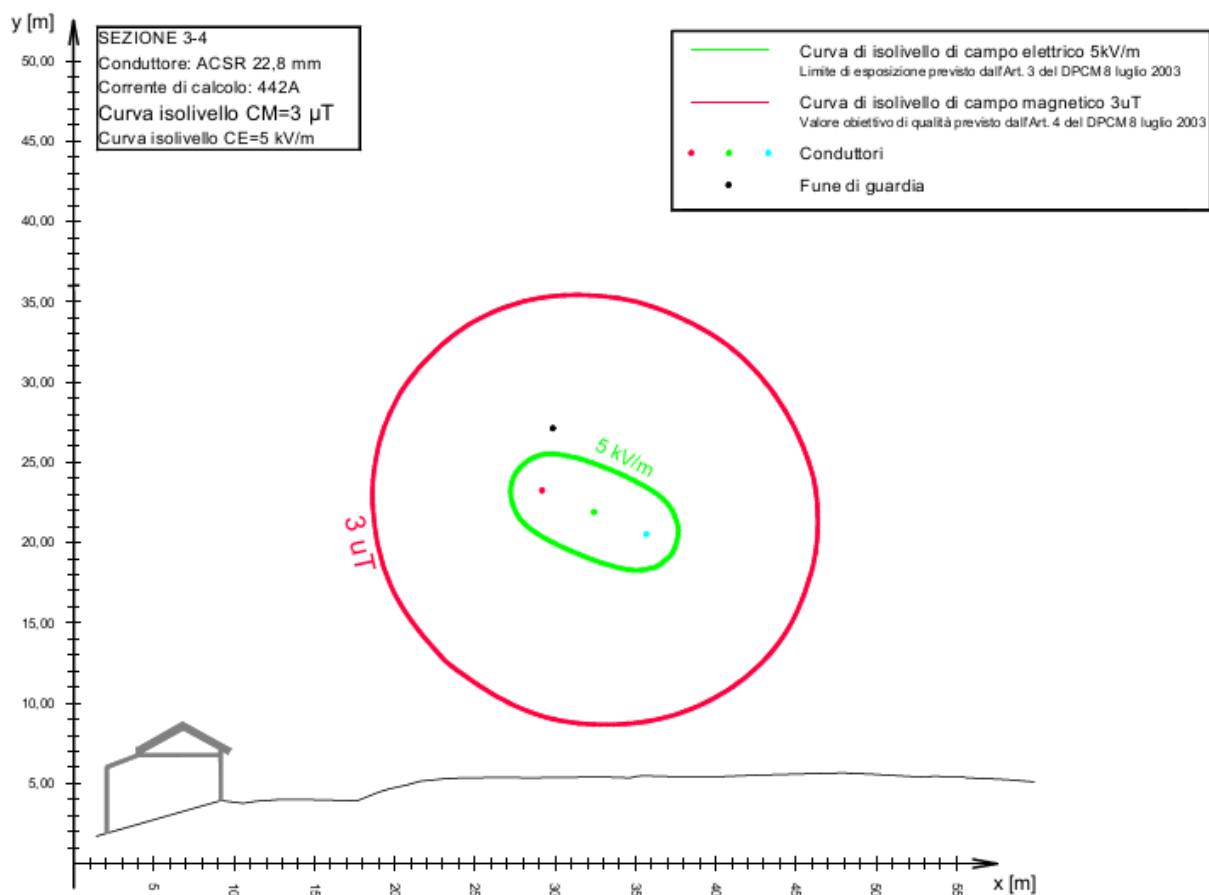
**Planimetria con fascia DPA e tracce delle sezioni di verifica in corrispondenza dei recettori potenzialmente sensibili**



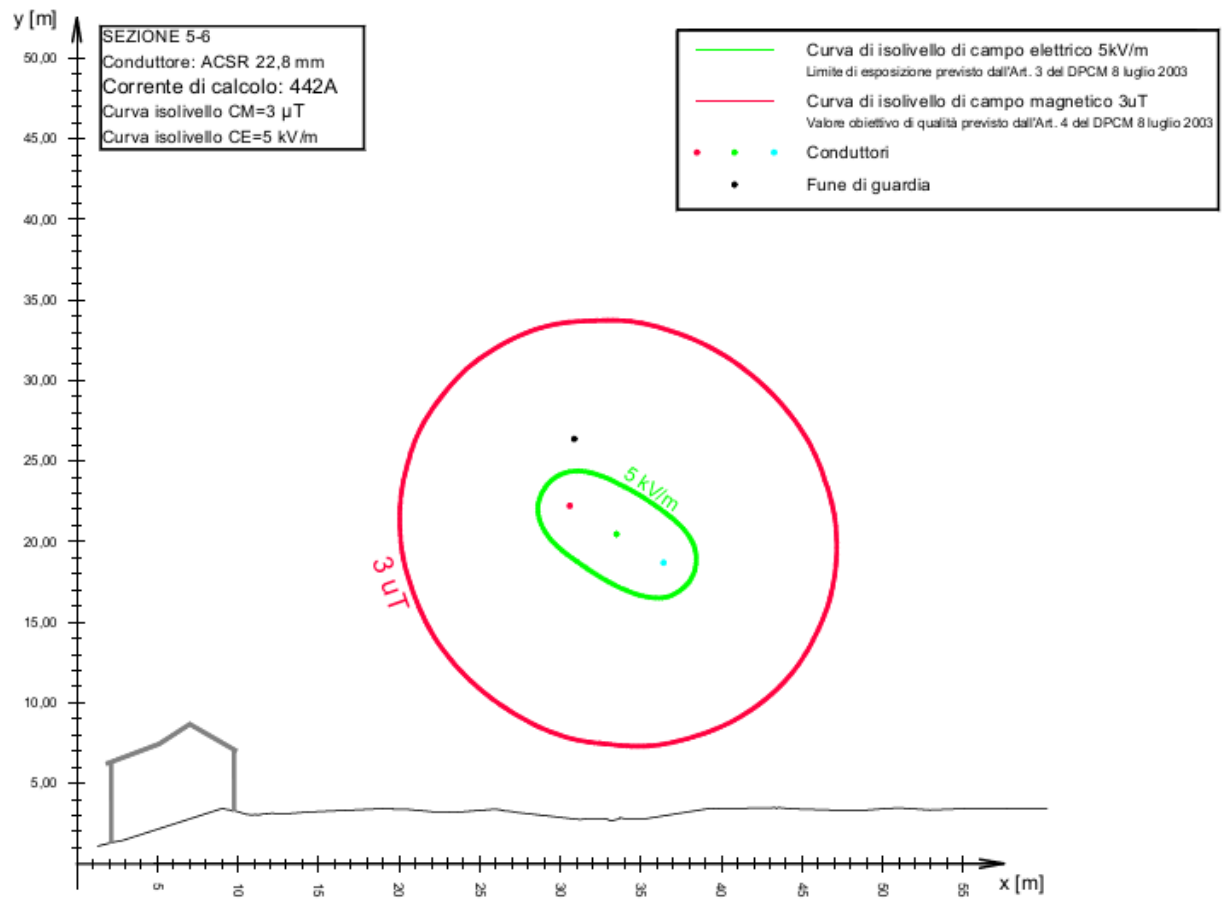
Di seguito si riportano le curve equilivello del campo elettrico corrispondenti al valore di 5 kV/m e quelle del campo magnetico per valore di 3  $\mu$ T in corrispondenza delle sezioni: 1-2,3-4,5-6,7-8,9,-10:



Sezione di verifica 1-2

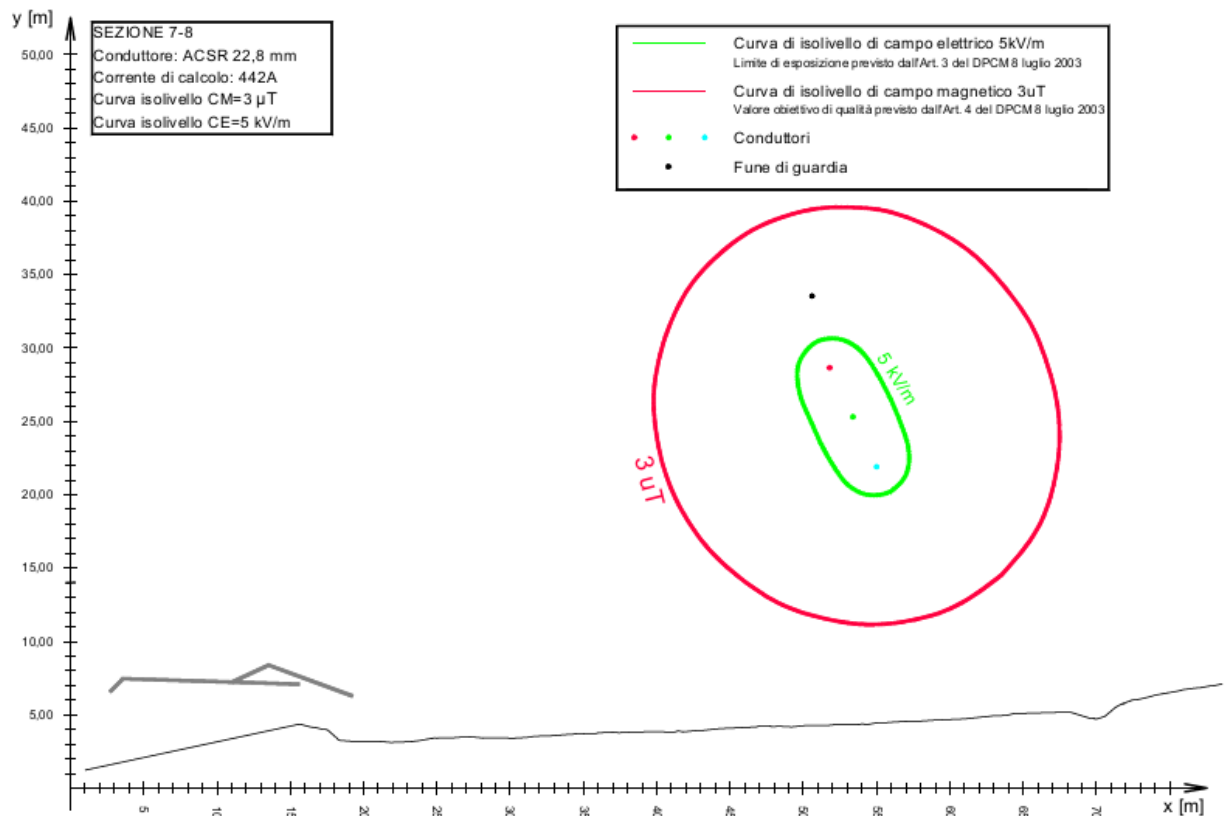


Sezione di verifica 3-4



Sezione di verifica 5-6





Sezione di verifica 7-8

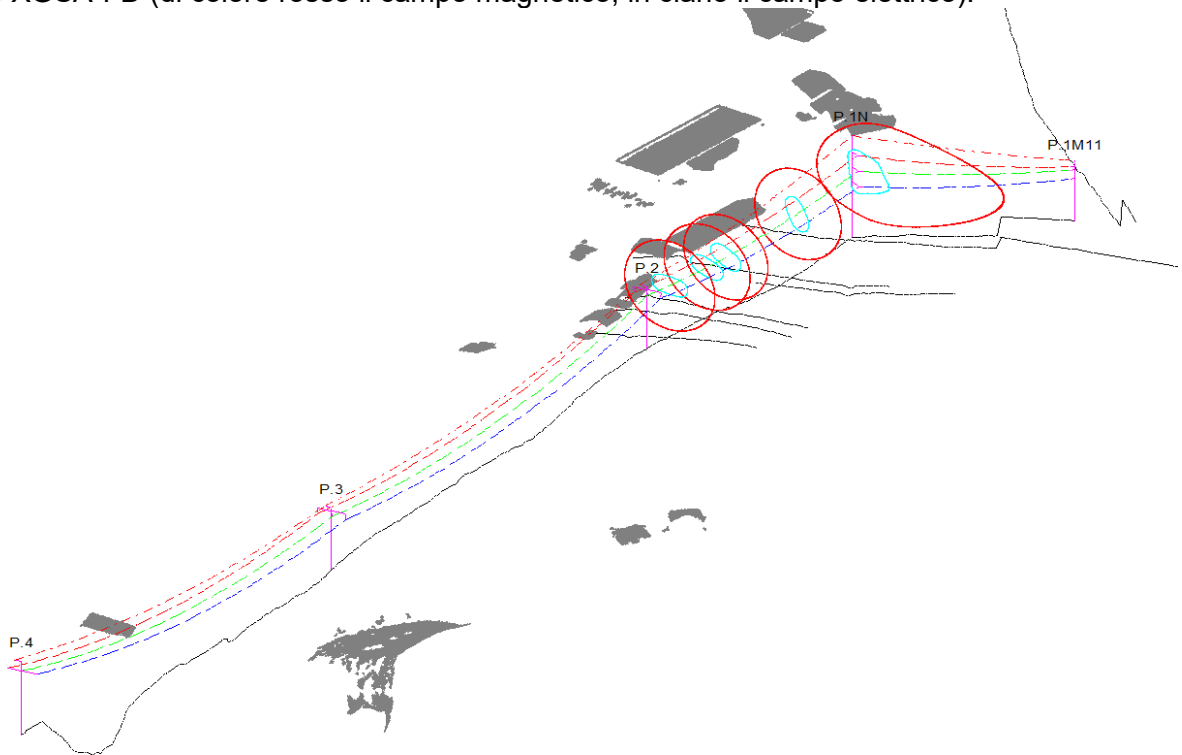


Sezione di verifica 9-10

Come evidenziato dalle figure precedenti tutti i recettori potenzialmente sensibili non vengono intercettati dalle curve equilivello del campo elettromagnetico per i valori di riferimento relativi all'obiettivo di qualità.



Nella figura sottostante si riporta una vista assonometrica 3D delle catenarie in progetto in condizioni di massima freccia con rappresentazione delle curve equilivello calcolate mediante il software XGSA-FD (di colore rosso il campo magnetico, in ciano il campo elettrico):



***Vista assonometrica dei risultati del calcolo 3D del campo elettromagnetico, rappresentato in corrispondenza delle sezioni di interesse per valori fissati pari a 5 kV/m e 3  $\mu$ T***

Per i dettagli grafici delle sezioni di calcolo e per l'individuazione in pianta degli edifici analizzati nelle sezioni sopra riportate, si rimanda agli elaborati “Planimetria sezioni CEM 3D - Opere di rete” (cod. POR-Tav.5.3) e “Planimetria con Distanza di Prima Approssimazione e indicazione fabbricati - Opere di rete” (cod. POR-Tav.5.4).



## 6 CONCLUSIONI

Una volta determinate le distanze di prima approssimazione e le aree di prima approssimazione, così come definite nel D.M. 29 maggio 2008, nonché le elaborazioni riportate al paragrafo 5, è stato possibile elaborare le planimetrie dalla quale si è verificato la completa assenza di recettori all'interno delle zone sopracitate.

Viene inoltre dimostrato il rispetto del limite di esposizione per il campo elettrico, così come fissato nel DPCM dell'8 Luglio 2003.

Si evince dunque, per l'opera in progetto, la completa conformità con i dettami del D.P.C.M dell'8 luglio 2003.