

00	05/09/2016	PRIMA EMISSIONE	Capra D.	Pertot C.	Capra D.
REV	DATA	DESCRIZIONE REVISIONI	ELABORATO	VERIFICATO	APPROVATO



CESI S.p.A.  
Via Rubattino 54 Milano - Italia  
Tel: +39 02 21251 - Fax: +39 02 21255440  
e-mail: info@cesi.it

## Valutazione dell'induzione magnetica della stazione elettrica 220 kV di Malcontenta.

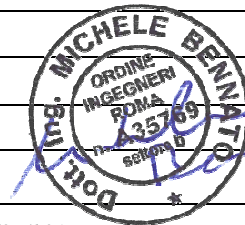
COMMITTENTE Terna Rete Italia	ELABORATO N. B6000207	NOME FILE RU35311ABCR10580.pdf	SCALA --	FOGLIO --
-------------------------------------	--------------------------	-----------------------------------	-------------	--------------

NUMERO E DATA ORDINE:

MOTIVO DELL'INVIO:  PER APPROVAZIONE  PER INFORMAZIONE

SCALA DI STAMPA: - SOSTITUISCE IL: SOSTITUITO DAL:

REVISIONI					
	00	05/09/2016	ING-REA APRINE	ING-REA APRINE	Approvato con mail del 05/09/2016
	N.	DATA	ESAMINATO TERNA/EXT	ACCETTATO UNITA' TERNA	RIFERIMENTO ACCETTAZIONE



TIPOLOGIA DELL'ELABORATO	CODIFICA DELL'ELABORATO	 <b>Terna Rete Italia</b> TERNA GROUP
RELAZIONE	RU35311ABCR10580	
PROGETTO	TITOLO	
MALCONTENTA	<b>STAZIONE ELETTRICA MALCONTENTA</b>  Valutazione dell'induzione magnetica della nuova stazione elettrica a 220 kV	
RICAVATO DAL DOC. TERNA		
CLASSIFICAZIONE DI SICUREZZA		

NOME DEL FILE	SCALA CAD	FORMATO	SCALA	FOGLIO
RU35311ABCR10580.pdf		A4		01 di 11

Questo documento contiene informazioni di proprietà terna S.p.A. e deve essere utilizzato esclusivamente dal destinatario in relazione alle finalità per le quali è stato ricevuto. E' vietata qualsiasi forma di riproduzione o di divulgazione senza l'esplicito consenso di Terna S.p.A.

This document contains information proprietary to Terna S.p.A. and it will have to be used exclusively for the purposes for which it has been furnished. Whichever shape of spreading or reproduction without the written permission of Terna S.p.A. is prohibited.

**Cliente** Terna Rete Italia**Oggetto** Valutazione dell'induzione magnetica della stazione elettrica 220 kV di Malcontenta.**Ordine** Attivazione: n° 4000058223 del 30/11/2015 (Pos. 110) – ING116 – AGEFISICI INGEGNERIA - Verifica dei limiti di legge per il rumore ed i campi elettromagnetici emessi da S.E. ed elettrodotti**Note**

La parziale riproduzione di questo documento è permessa solo con l'autorizzazione scritta del CESI.

**N. pagine** 10 **N. pagine fuori testo** ...**Data** 05/09/2016**Elaborato** ESC - Capra Davide  
B6000207 3293 AUT**Verificato** ESC - Pertot Cesare  
B6000207 3840 VER**Approvato** ESC - Capra Davide (Project Manager)  
B6000207 3293 APP**CESI S.p.A.**Via Rubattino 54  
I-20134 Milano - Italy  
Tel: +39 02 21251  
Fax: +39 02 21255440  
e-mail: info@cesi.it  
www.cesi.itCapitale sociale € 8.550.000 interamente versato  
C.F. e numero iscrizione Reg. Imprese di Milano 00793580150  
P.I. IT00793580150  
N. R.E.A. 429222

© Copyright 2016 by CESI. All rights reserved

## *Indice*

1	SOMMARIO .....	3
2	DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO .....	3
3	CONDIZIONI DI CARICO .....	5
4	CODICE DI CALCOLO UTILIZZATO .....	5
5	MODELLO DI CIRCUITO .....	6
6	RISULTATI DELLE SIMULAZIONI .....	6
7	CONCLUSIONI .....	9
8	BIBLIOGRAFIA .....	10

## STORIA DELLE REVISIONI

Numero revisione	Data	Protocollo	Lista delle modifiche e/o dei paragrafi modificati
0	05/09/2016	B6000207	Prima emissione

## 1 SOMMARIO

Il presente rapporto illustra i risultati della valutazione dei campi magnetici associabili al progetto della nuova stazione elettrica a 220 kV denominata "Malcontenta" sita nel territorio del comune di Venezia, al fine di verificare il rispetto del DPCM dell'8 luglio 2003 [1].

Lo studio predittivo dell'induzione magnetica generata dalla stazione, oggetto della presente relazione, è a completamento della documentazione tecnica costituente il Piano Tecnico delle Opere della stazione elettrica di Malcontenta.

I risultati dei calcoli effettuati indicano che il campo magnetico generato dalla nuova stazione si mantiene inferiore all'obiettivo di qualità di 3  $\mu$ T imposto dal DPCM sopra richiamato.

## 2 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

Il progetto di razionalizzazione della rete elettrica AAT nelle aree di Venezia e Padova, approvato dai Ministeri competenti, prevede la realizzazione di una nuova stazione elettrica a 220 kV in una area limitrofa alla stazione esistente e la demolizione dell'attuale stazione elettrica di Malcontenta. La stazione esistente sorge su un'area di circa 3.5 ettari posta tra il Canale Tron e lo Scolo Lusore, in prossimità di via Colombara, nel comune di Venezia in zona Malcontenta. La nuova stazione elettrica verrà realizzata a nord dell'attuale, su un area di circa 8.9 ettari non interferente con le infrastrutture elettriche esistenti (vedi Figura 1). L'area prevista per lo sviluppo del progetto è attualmente in parte occupata dalla esistente stazione elettrica Malcontenta e in parte adibita ad uso agricolo. L'area è collocata ad Ovest del tracciato della ex statale 309 Romea che, in quel tratto, scorre in direzione Nord Sud. La zona ad Est della statale Romea è caratterizzata da insediamenti commerciali.

Alla nuova stazione afferiranno i seguenti elettrodotti:

- Malcontenta – Dolo: elettrodotto aereo a 220 kV in singola terna,
- Malcontenta – Villabona: elettrodotto aereo a 220 kV in singola terna,
- Malcontenta – Scorzè: elettrodotto aereo a 220 kV in singola terna,
- Malcontenta - Stazione I elettrodotto aereo a 220 kV in singola terna,
- Malcontenta – Azotati: cavo interrato a 220 kV,
- Malcontenta – Fusina 2: cavo interrato a 220 kV,
- Malcontenta – Stazione IV cd Stazione V cavo interrato a 220 kV.

In vicinanza della stazione transiterà anche un cavo interrato a 132 kV che collegherà le stazioni "Villabona" e "Azotati".

In Figura 1 è riportata la planimetria della stazione.

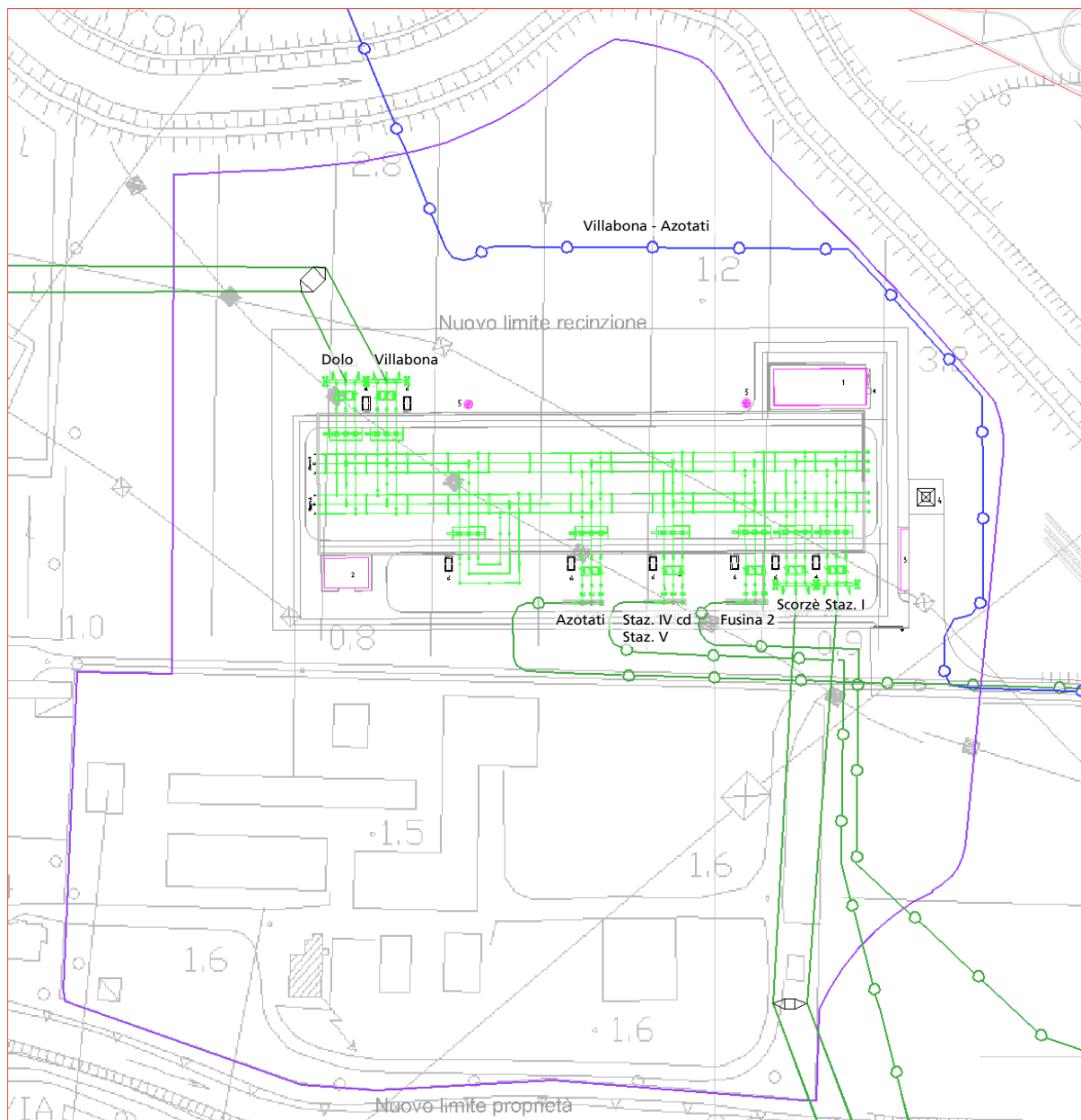


Figura 1 – Planimetria della stazione “Malcontenta”. In verde i collegamenti a 220 kV e in blu il collegamento a 132 kV.

### 3 CONDIZIONI DI CARICO

Come è noto, l'induzione magnetica<sup>1</sup> è direttamente proporzionale all'intensità della corrente che circola nei conduttori degli impianti elettrici. Nella tabella seguente sono riportati i valori del carico in corrente considerato per ciascuna linea elettrica afferente alla stazione di Fusina II. Per gli elettrodotti aerei è stata considerata la "Portata in Corrente in Servizio Normale" riferita alla Zona B - periodo F, come definito dalla norma CEI 11-60 [2].

Provenienza	Tensione [kV]	Portata in corrente [A]
Dolo	220	710
Villabona	220	710
Scorzè	220	806
Stazione I	220	806
Azotati	220	1400
Fusina 2	220	1400
Stazione IV cd Stazione V	220	1400

La portata del cavo a 132 kV Villabona – Azotati è pari a 1000 A.

La portata nominale delle sbarre a 220 kV e dello stallo di parallelo è pari a 3150 A.

Le condizioni di carico scelte per le simulazioni devono essere considerate estremamente cautelative poiché prevedono, per tutte le linee elettriche presenti, le condizioni di portata massima e lo stesso verso dei flussi di potenza. Nelle condizioni reali di esercizio i flussi di potenza potranno avere versi diversi dando luogo a "compensazioni" che risulteranno in una riduzione del campo magnetico totale.

### 4 CODICE DI CALCOLO UTILIZZATO

Allo scopo di predire i valori di campo magnetico associabili all'impianto in progetto, è stato realizzato il modello elettrico tridimensionale degli elettrodotti e dei circuiti elettrici di stazione utilizzando il codice di calcolo "Ampere3D", sviluppato dal CESI, per il calcolo dei campi magnetici a frequenza industriale generati da elementi circuitali arbitrariamente disposti nello spazio (vedi [3], [4], [5]).

Il codice di calcolo sopra citato rappresenta ogni conduttore del circuito elettrico simulato come un insieme di segmenti di lunghezza finita disposti in modo tale da approssimare anche eventuali andamenti non rettilinei. L'applicazione delle leggi di "Biot-Savart" ai conduttori di lunghezza finita, congiuntamente all'applicazione del principio di sovrapposizione degli effetti, consente la determinazione del campo magnetico in ogni punto dello spazio.

<sup>1</sup> L'induzione magnetica B, anche chiamata densità del flusso magnetico, è espressa in Tesla o sottomultipli come il  $\mu\text{T}$  ( $10^{-6}$  T). Essa è una grandezza di uso più comune del campo magnetico H (espresso in A/m) ed è direttamente correlata a quest'ultimo attraverso la relazione  $B=\mu\cdot H$  dove  $\mu$  rappresenta la permeabilità magnetica del mezzo (che per l'aria assume il valore di  $4\pi\times 10^{-7}$  henry/m). Nella presente relazione il termine campo magnetico viene spesso usato come sinonimo di induzione magnetica.

Il modello è stato validato per confronto sia con i risultati sperimentali disponibili in letteratura [6] sia con quelli ottenuti mediante formule analitiche approssimate (valevoli cioè solo per assegnate distribuzioni bidimensionali dei conduttori [7]) evidenziando una buona corrispondenza fra misure e simulazioni ed un buon accordo fra i valori del campo calcolati con i due metodi.

## 5 MODELLO DI CIRCUITO

All'interno della stazione elettrica sono stati modellati i portali di stazione ed i relativi collegamenti, le sbarre e le transizioni in cavo.

Gli elettrodotti aerei sono stati modellati dal portale di stazione fino al primo sostegno, mentre gli elettrodotti interrati sono stati modellati nel loro percorso all'interno della stazione fino ai primi tratti all'esterno della recinzione.

## 6 RISULTATI DELLE SIMULAZIONI

La stima del campo magnetico è stata effettuata su un'area di forma rettangolare di circa 430x380 m di lato secondo una griglia quadrata di calcolo pari a 2 m (circa 41000 punti di calcolo).

I risultati sono mostrati sotto forma di curve equilivello a 3  $\mu$ T valutate a 1 m, 2 m e a 5 m dal suolo sovrapposte alla planimetria dell'area interessata (v. figure 2÷4 riportate di seguito).

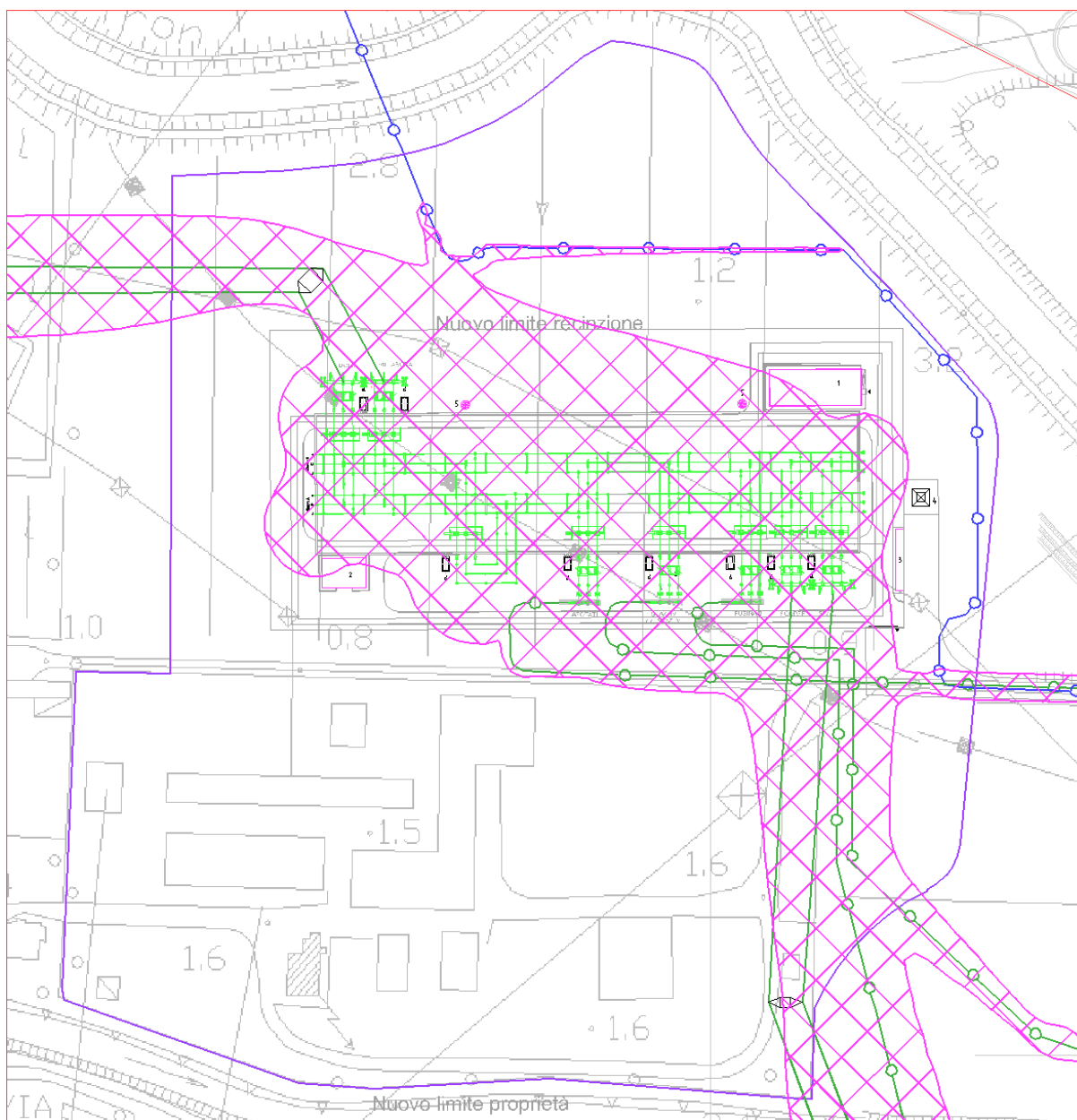


Figura 2 – Curve isolivello del campo magnetico (in magenta) sul piano orizzontale a 1 m da terra a 3  $\mu$ T, nell'area di calcolo considerata.



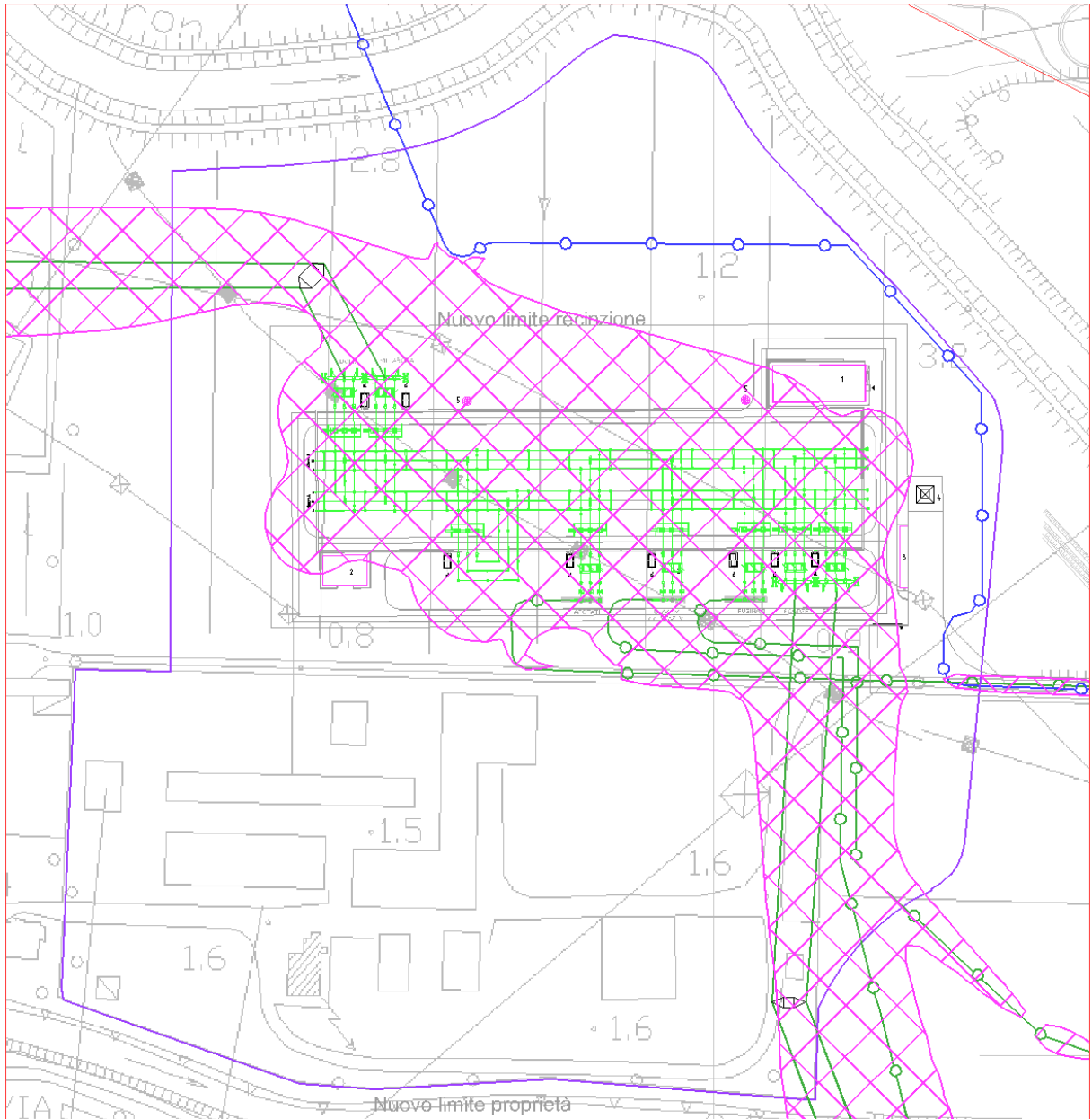


Figura 3 – Curve isolivello del campo magnetico (in magenta) sul piano orizzontale a 2 m da terra a 3  $\mu$ T, nell'area di calcolo considerata.

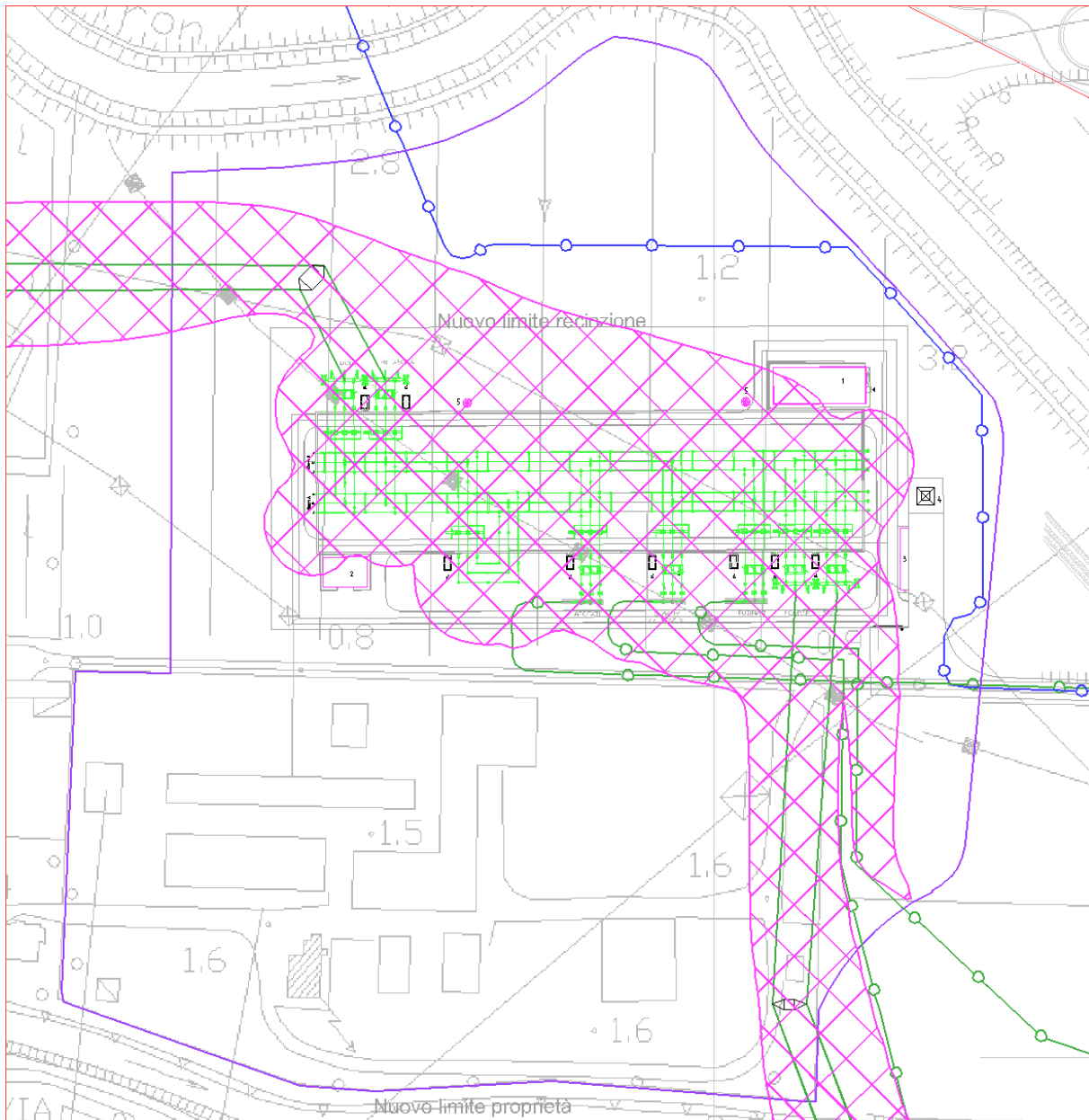


Figura 4 – Curve isolivello del campo magnetico (in magenta) sul piano orizzontale a 5 m da terra a  $3 \mu\text{T}$ , nell'area di calcolo considerata.

## 7 CONCLUSIONI

È stato realizzato il modello circuitale della nuova s.e. di "Malcontenta" e dei nuovi raccordi delle linee aeree a 380 kV afferenti alla stazione stessa.

I calcoli effettuati evidenziano che le aree all'esterno della stazione interessate da livelli di induzione magnetica superiore a  $3 \mu\text{T}$  sono solo quelle in corrispondenza delle linee elettriche aeree ed interrate ad essa afferenti.

Per quanto riguarda il campo elettrico generato dalla stazione in progetto, è noto come esso sia efficacemente schermato dalla recinzione esterna della stazione stessa e che

quindi i livelli previsti nelle aree esterne rispetteranno ampiamente il limite di esposizione (5 kV/m) prescritto per la popolazione dal DPCM 8/7/2003 [1].

## 8 BIBLIOGRAFIA

- [1] 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"*.
- [2] Norma Tecnica CEI n° 11-60 del 2002: *"Portata al limite termico delle linee aeree esterne con tensione maggiore di 100 kV."*
- [3] A. Geri, G. M. Veca, R. Conti: *"Calcolo del campo magnetico prodotto dai sistemi elettrici di potenza"*. 96a Riunione Annuale dell'AEI - Roma, 1995.
- [4] D. Capra, R. Conti, F. Deponti, N. Fanelli, L. Pedretti: *"CESI's experience in the areas of characterisation, assessment and reduction of human exposure to extremely low frequency electromagnetic fields"*. Atti del Convegno nazionale di ARPA-Ivrea su *"Problemi e tecniche di misura degli agenti fisici in campo ambientale"*. Ivrea, 3/5 aprile 2001. (in Radiation Protection Dosimetry - special issue).
- [5] D. Capra , R. Conti , F. Deponti , N. Fanelli , L. Pedretti: *"Metodi sperimentali e modelli numerici per la valutazione dei campi elettrici e magnetici a frequenza industriale: utili sinergismi"* , Riunione Generale AEI, Padova, 3-5 ottobre, 2001.
- [6] J.E. Bridges, M. Preache, *"Biological influences of power frequency electric fields - A tutorial review from a physical and experimental viewpoint"*. Proceedings of the IEEE, vol. 69, n° 9, September 1981.
- [7] W. T. Kaune and L. E. Zaffanella, *"Analysis of magnetic fields produced far from electric power lines"*, IEEE Transaction on Power Delivery, vol. 7, n° 4, pp 2082-2089, October 1992.