

**RIASSETTO RETE ELETTRICA NAZIONALE  
NELL'AREA TRA COLUNGA E FERRARA**

**ELETTRODOTTI A 132 KV:  
COLUNGA-ALTEDO  
ALTEDO - FERRARA SUD  
FERRARA SUD - CENTRO ENERGIA**

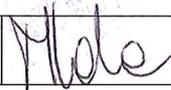
**CALCOLO DEL CAMPO MAGNETICO DELLE NUOVE REALIZZAZIONI**

REVISIONI	03	25/11/2013	Revisione a seguito approvazione del 25/11/2013	Davide Capra CESI	Maurizio Sala CESI	Davide Capra CESI
	02	20/11/2013	Revisione a seguito delle modifiche apportate da Terna Rete Italia S.p.A. al progetto presentato in iter autorizzativo	Davide Capra CESI	Maurizio Sala CESI	Davide Capra CESI
	01	27/02/2013	Revisione a seguito approvazione del 27/02/2013	Davide Capra CESI	Maurizio Sala CESI	Davide Capra CESI
	00	21/01/2013	Emissione per approvazione.	Davide Capra CESI	Maurizio Sala CESI	Davide Capra CESI
	N.	DATA	DESCRIZIONE	ELABORATO	VERIFICATO	APPROVATO
CODIFICA ELABORATO APPALTATORE			Timbro e firma Appaltatore		 <p>CESI S.p.A. Via Rubattino 54 Milano - Italia Tel: +39 02 21251 Fax: +39 02 21255440 e-mail: info@cesi.it</p>	
B3030769						

**TERNA RETE ITALIA Spa**  
Direzione Territoriale Nord Est  
Unità Progettazione e Realizzazione Impianti  
Il Responsabile  
(N. Ferracin)

**Storia delle revisioni**

Rev. 01	del 25/11/2013	Seconda emissione - Progetto aggiornato. Approvazione tramite e-mail del 25/11/2013
Rev. 00	del 27/02/2013	Prima emissione. Approvazione tramite e-mail del 27/02/2013

Elaborato	Esaminato	Accettato
Davide CAPRA	Maurizio SALA 	N. FERRACIN DTNE-PRI

**Cliente** Terna Rete Italia SpA

**Oggetto** Riassetto della rete elettrica nazionale nell'area tra Colunga e Ferrara: calcolo del campo magnetico dei nuovi elettrodotti. Calcolo del campo magnetico delle nuove realizzazioni

**Ordine** Attivazione: n° 4000039622 del 13/06/2011 – SRI87-CEM-ASSIST - Assistenza scientifica in tema di campi elettrici e magnetici. Caratterizzazione di impianti di trasmissione.

**Note** Rev. 0 (AT12ESS018 – Lettera n. B3032105)

PAD B3030769 (1881773) - USO RISERVATO

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

**N. pagine** 33

**N. pagine fuori testo**

**Data** 25/11/2013

**Elaborato** ESS - Capra Davide  
B3030769 3293 AUT

**Verificato** ESS - Sala Maurizio  
B3030769 3741 VER

**Approvato** ESS - Capra Davide (Project Manager)  
B3030769 3293 APP

**CESI S.p.A.**

Via Rubattino 54  
I-20134 Milano - Italy  
Tel: +39 02 21251  
Fax: +39 02 2125440  
e-mail: info@cesi.it  
www.cesi.it

Capitale 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 2013 by CESI. All rights reserved

## *Indice*

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>CONDIZIONI DI CARICO.....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>CODICE DI CALCOLO UTILIZZATO .....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>RISULTATI DELLE SIMULAZIONI.....</b>	<b>5</b>
4.1	Approccio seguito.....	5
4.2	Collegamenti con la Stazione Elettrica "Colunga".....	8
4.3	Collegamenti con la C.P. "Altedo".....	13
4.3.1	Lato sud.....	14
4.3.2	Lato nord.....	14
4.4	Collegamento con la C.P. "Ferrara Sud" e collegamento C.P. "Ferrara Sud" – Centrale "Centro Energia".....	17
<b>5</b>	<b>ANALISI DELLE INTERFERENZE.....</b>	<b>23</b>
5.1	Interferenza A (Figura 4):.....	23
5.2	Interferenza B (Figura 4).....	24
5.3	Interferenza C (Figura 4).....	25
5.4	Interferenza D (Figura 5).....	30
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>32</b>
<b>7</b>	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>33</b>

## STORIA DELLE REVISIONI

Numero revisione	Data	Protocollo	Lista delle modifiche e/o dei paragrafi modificati
0	25/11/2013	B3030769	Prima emissione

## 1 INTRODUZIONE

Il presente rapporto illustra i risultati dei calcoli effettuati per la previsione del campo magnetico generato dal progetto di rinnovo di alcune connessioni a 132 kV già esistenti tra impianti elettrici ubicati nell'area tra Bologna e Ferrara. In particolare, saranno realizzati i collegamenti a 132 kV tra:

- la stazione elettrica "Colunga" e la cabina primaria "Altedo",
- la cabina primaria "Altedo" e la cabina primaria "Ferrara Sud",
- la cabina primaria "Ferrara Sud" e la centrale "Centro Energia".

Il progetto prevede di intervenire su elettrodotti esistenti, identificati come:

- 1) ex 220 kV "Colunga – Este" n. 226 (tratto Colunga - palo n.130),
- 2) 132 kV "Colunga – Altedo" n. 859,
- 3) 132 kV "Altedo – Ferrara Sud" n. 702.

Questi elettrodotti saranno suddivisi in tronchi e, previo declassamento a 132 kV dei tronchi appartenenti all'ex 220 kV "Colunga – Este" n.226, saranno in parte connessi tra loro con nuovi tratti di elettrodotto per ottenere i collegamenti desiderati.

L'ingresso nella s.e. di Colunga sarà interamente ricostruito su un nuovo tracciato; la connessione tra la cabina primaria "Ferrara Sud" e la centrale "Centro Energia" sarà realizzata con un nuovo elettrodotto che sostituirà interamente quello attuale.

Le attività presentate nella relazione permettono di verificare il rispetto del DPCM dell'8 luglio 2003 del progetto aggiornato, che comprende le varianti apportate da Terna al progetto presentato in iter autorizzativo in accoglimento delle richieste presentate dai soggetti in esso coinvolti.

Tra le principali varianti si evidenziano due nuovi ingressi nella Stazione elettrica "Colunga", relativi ai collegamenti a 132 kV "Colunga - Altedo" e "Colunga-Mezzolara".

## 2 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.

Nel caso specifico, le linee elettriche aeree a 380 kV sono equipaggiate con conduttore trinato Ø 31.5 mm ACSR e quindi la "Portata in Corrente in Servizio Normale" riferita alla Zona B - periodo F, come definito dalla norma CEI 11-60 [2], è pari a 2310 A.

Le linee aeree a 132 kV sono equipaggiate con un conduttore singolo uguale a quello descritto sopra per il quale la "Portata in Corrente in Servizio Normale" è pari a 675 A.

I cavi interrati utilizzati per i collegamenti con la Cabina Primaria "Ferrara Sud" e con la Centrale "Centro Energia" hanno una portata nominale dichiarata dal costruttore di 1000 A. Per questi cavi è stata quindi considerata la portata di 1000 A.

Nei casi in cui vi sia la presenza di elettrodotti esistenti, è stata cautelativamente utilizzata la portata in corrente definita dalla norma CEI 11-60. Quindi, nel caso di presenza di elettrodotti a 380 kV con conduttore trinato in alluminio-acciaio diametro 31.5 mm, la portata in corrente considerata è stata di 2310 A.

Per completezza, nei prospetti seguenti sono riportati gli elettrodotti con i valori di portata in corrente considerati nelle simulazioni.

### Linee in autorizzazione

Tensione [kV]	N.	Nome	Corrente [A]
132	859	Colunga-Altedo	675
132	226	Ex Colunga-Este	675
132	702	Altedo-Ferrara Sud (tratto aereo)	675
132	702	Altedo-Ferrara Sud (tratto in cavo)	1000
132	767	Ferrara Sud-Centro Energia (tratto aereo)	675
132	767	Ferrara Sud-Centro Energia (tratto in cavo)	1000

### Linee interferenti esistenti

Tensione [kV]	N.	Nome	Corrente [A]
380	302	Martignone-Colunga	2310
380	332	Colunga-Forlì	2310
220	219	Bussolengo-Ferrara	465
132	795	Colunga-Mezzolara	675
132	033_A	Ferrara RFI-Portomaggiore RFI	675
132	022_A	Ferrara RFI-S. Agostino RFI	675
15÷20	---	Linee MT	350

<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.

### 3 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 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 [2], [5], [6]).

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 legge 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.

Il modello è stato validato per confronto sia con i risultati sperimentali disponibili in letteratura [7] sia con quelli ottenuti mediante formule analitiche approssimate (valevoli cioè solo per assegnate distribuzioni bidimensionali dei conduttori [8]) evidenziando una buona corrispondenza fra misure e simulazioni ed un buon accordo fra i valori del campo calcolati con i due metodi.

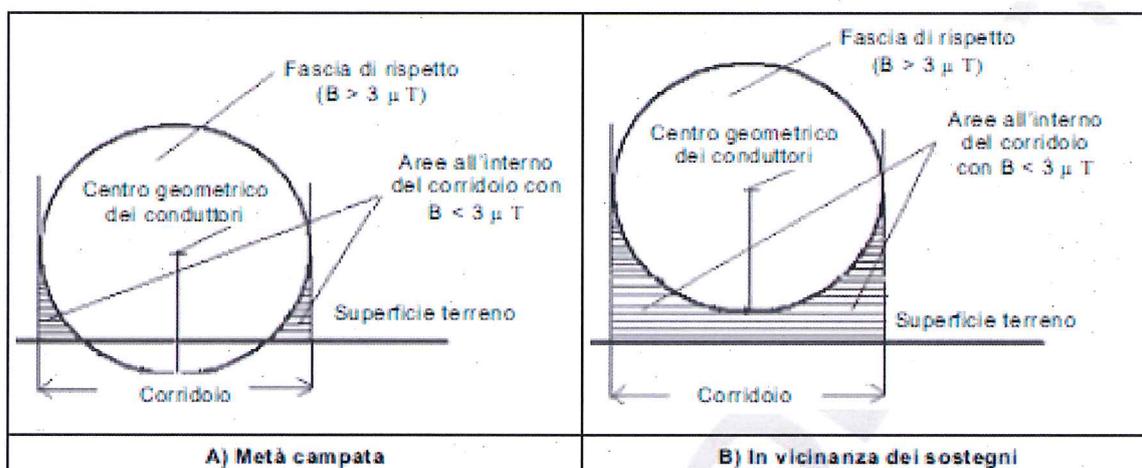
### 4 RISULTATI DELLE SIMULAZIONI

#### 4.1 Approccio seguito

Nel seguito vengono presentati i risultati delle simulazioni effettuate espresse mediante la sovrapposizione a ciascuna area di interesse della proiezione a terra della fascia di rispetto definita dal DPCM 8/7/2003 [1].

In funzione della disposizione dei conduttori, la proiezione al suolo lungo tutta la linea dei punti più esterni della curva isolivello relativa al valore dell'induzione magnetica di  $3 \mu\text{T}$ , delimita una striscia di terreno (o corridoio) che presenta al suo interno non solo zone interessate da valori di induzione magnetica superiori all'obiettivo di qualità di  $3 \mu\text{T}$ , ma anche aree, più o meno estese a seconda dell'altezza da terra dei conduttori, in cui l'induzione magnetica è inferiore a tale valore (vedi Figura 1).

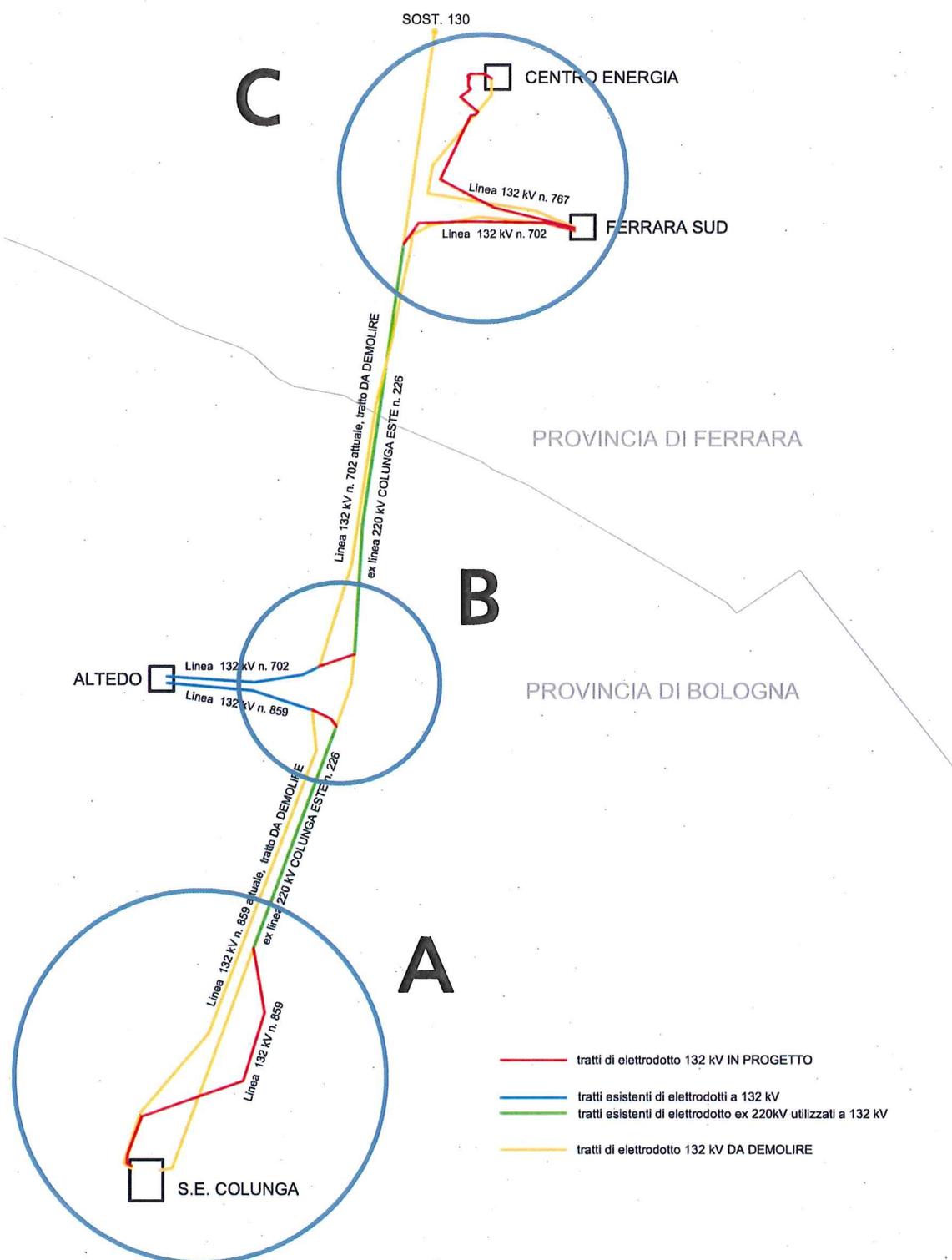
In questa relazione si è adottato un approccio a due livelli che parte dalla determinazione della suddetta striscia di terreno come proiezione al suolo della fascia di rispetto, demandando, se del caso, la verifica precisa dei valori di campo ad una successiva, più accurata, valutazione. Mentre le aree esterne ai corridoi sopra citati sono sicuramente compatibili con l'obiettivo di qualità, all'interno di tali strisce l'eventuale presenza di recettori sensibili deve rispettare l'obiettivo di qualità, e quindi deve situarsi al di fuori della fascia di rispetto.



**Figura 1 -** Fasce di rispetto, corridoi e aree all'esterno delle fasce di rispetto ma all'interno dei corridoi con valori di induzione magnetica inferiori all'obiettivo di qualità: confronto tra le situazioni a metà campata e in vicinanza dei sostegni (tratto da [3])

Gli interventi previsti sono stati suddivisi secondo lo schema riportato in Figura 2 e così riassumibile:

- A. Collegamenti con la Stazione Elettrica "Colunga",
- B. Collegamenti con la C.P. "Altedo",
- C. Collegamento con la C.P. "Ferrara Sud" e collegamento C.P. "Ferrara Sud" – Centrale "Centro Energia" (sezionamento AT di centrale).



**Figura 2 -** Schema degli interventi previsti nel riassetto dell'area tra Colunga e Ferrara

Per ciascuna interferenza rilevata da Terna, nei paragrafi seguenti, viene fornita una breve descrizione degli elettrodotti coinvolti ed una figura nella quale, sovrapposta alla

Carta Tecnica Regionale, viene riportato il tracciato degli elettrodotti coinvolti e la proiezione a terra della fascia di rispetto.

Nel caso in cui, all'interno della proiezione a terra della fascia di rispetto venisse evidenziata la presenza di elementi sensibili, essi sono analizzati con maggior dettaglio al fine di valutare se essi si trovano all'interno della fascia di rispetto vera e propria.

Le interferenze sono indicate in colore verde, mentre la proiezione a terra della fascia di rispetto è colorata in nero.

## 4.2 Collegamenti con la Stazione Elettrica "Colunga"

Come già riportato nell'introduzione (cfr. cap. 1), il progetto esaminato comprende le varianti di tracciato apportate da Terna al progetto presentato in iter autorizzativo, in accoglimento delle richieste presentate dai soggetti in esso coinvolti.

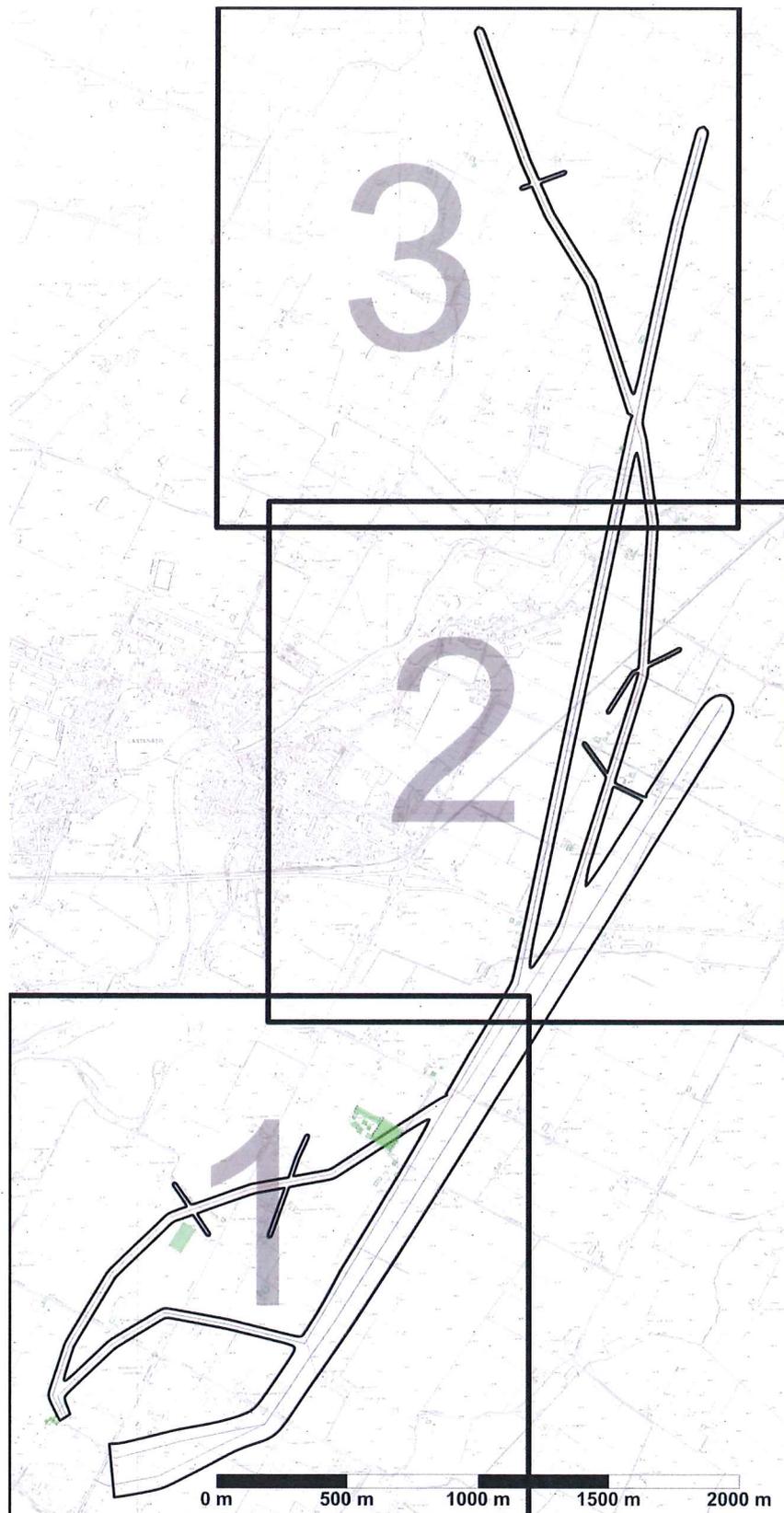
Questa parte dell'intervento riguarda il nuovo tratto di elettrodotto in progetto, che collega la stazione elettrica di Colunga al tronco dell'ex 220 kV "Colunga Este" che sarà a sua volta collegato alla C.P. "Altedo".

Il nuovo tratto di elettrodotto parte da un sostegno portale già esistente nella stazione elettrica "Colunga", al quale è attualmente attestato l'elettrodotto a 132 kV "Colunga - Mezzolara" n.795, e si sviluppa su un nuovo tracciato fino al nuovo sostegno n.22, che sostituirà l'esistente sostegno n. 18 dell'ex 220 "Colunga-Este", al quale sarà connesso il tronco di elettrodotto con termine al sostegno n. 51 declassato a 132 kV.

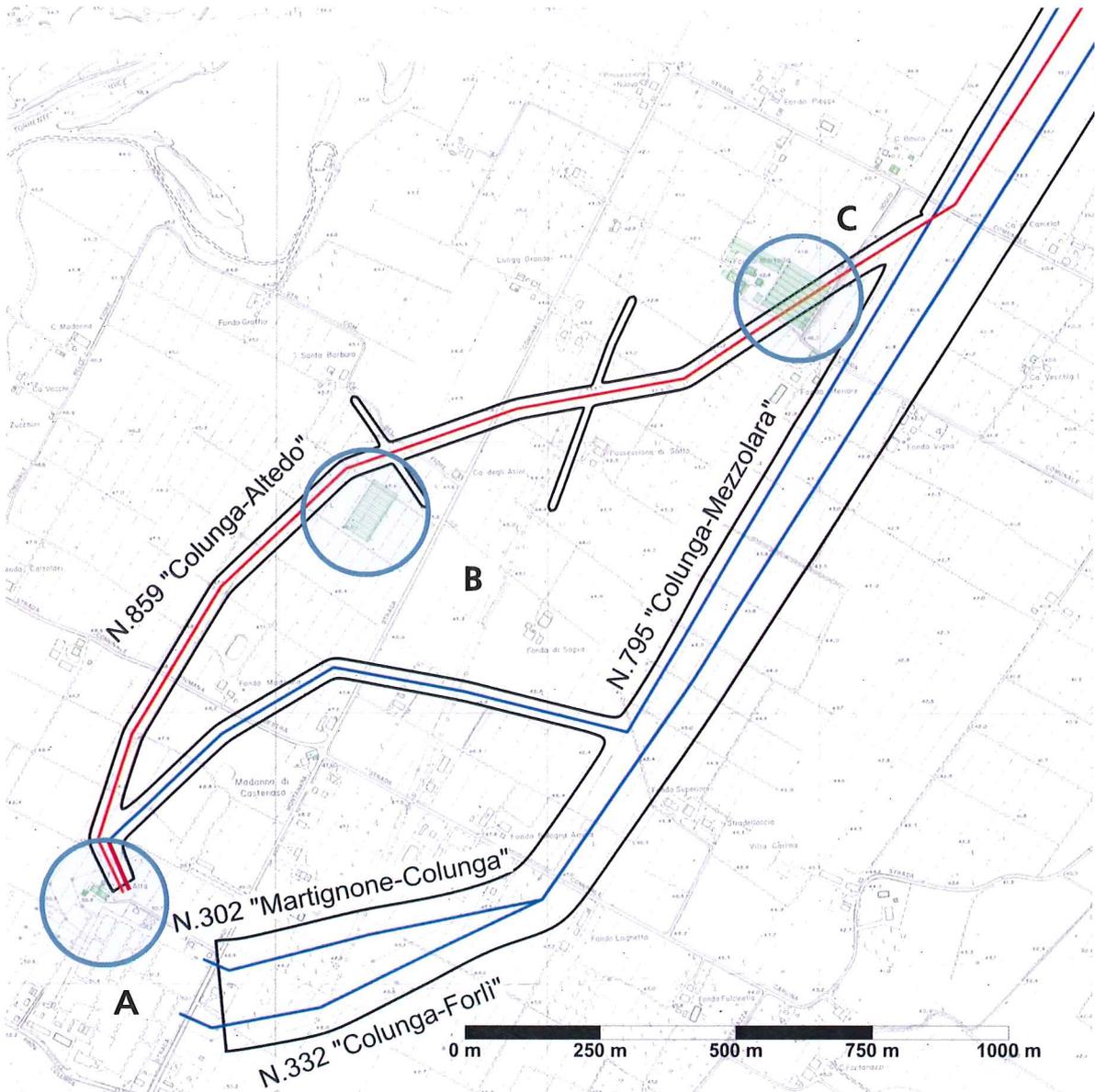
Il nuovo ingresso nella stazione elettrica "Colunga" dell'elettrodotto a 132 kV "Colunga - Mezzolara" n.795, sarà effettuato con una nuova campata di elettrodotto che partendo dall'attuale sostegno n. 137 si collega ad un nuovo sostegno portale, realizzato all'interno della stazione elettrica in prossimità di quello attuale che verrà invece utilizzato per il collegamento con la C.P. "Altedo" come sopra indicato.

Nel calcolo del campo magnetico sono considerati gli elettrodotti che transitano nelle aree di interesse, identificati come elettrodotto a 132 kV "Colunga - Mezzolara" n.795 e elettrodotti a 380 kV "Martignone - Colunga" n.302 e "Colunga - Forlì" n.332. Questi ultimi vengono esaminati in semplice terna in uscita dalla s.e. Colunga fino al sostegno n. 4 e successivamente in doppia terna. In Figura 3 è riportata la mappa complessiva di tutto l'intervento sopra descritto rimandando alle figure 4÷6 per i dettagli nelle quali i recettori sensibili individuati ai sensi del DPCM 8/7/2003 [1] sono riportati in verde, mentre la proiezione a terra della fascia di rispetto è riportata in nero.

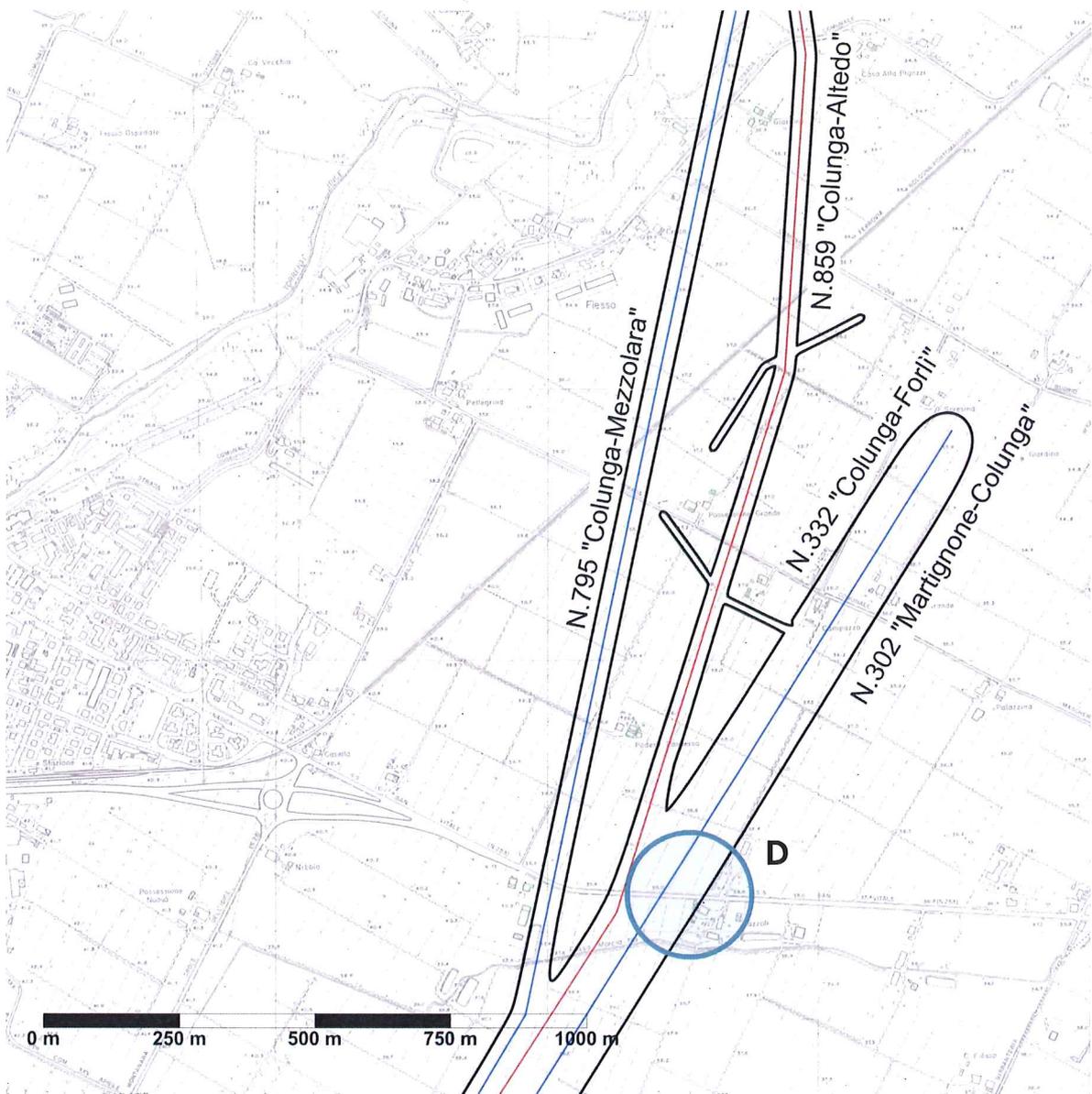
Nelle figure sono segnalati gli edifici che ricadono nella proiezione a terra della fascia di rispetto. Nel cap. 5 ciascuna interferenza viene analizzata nel dettaglio.



**Figura 3 -** Proiezione a terra della fascia di rispetto nell'area di interesse per i nuovi tratti dei collegamenti con la Stazione Elettrica "Colunga".



**Figura 4 -** Proiezione a terra della fascia di rispetto nell'area di interesse per gli interventi sull'elettrodotto n. 859 (area 1 di Figura 3).



**Figura 5** - Proiezione a terra della fascia di rispetto nell'area di interesse per gli interventi sull'elettrodotto n. 859 (area 2 di Figura 3).



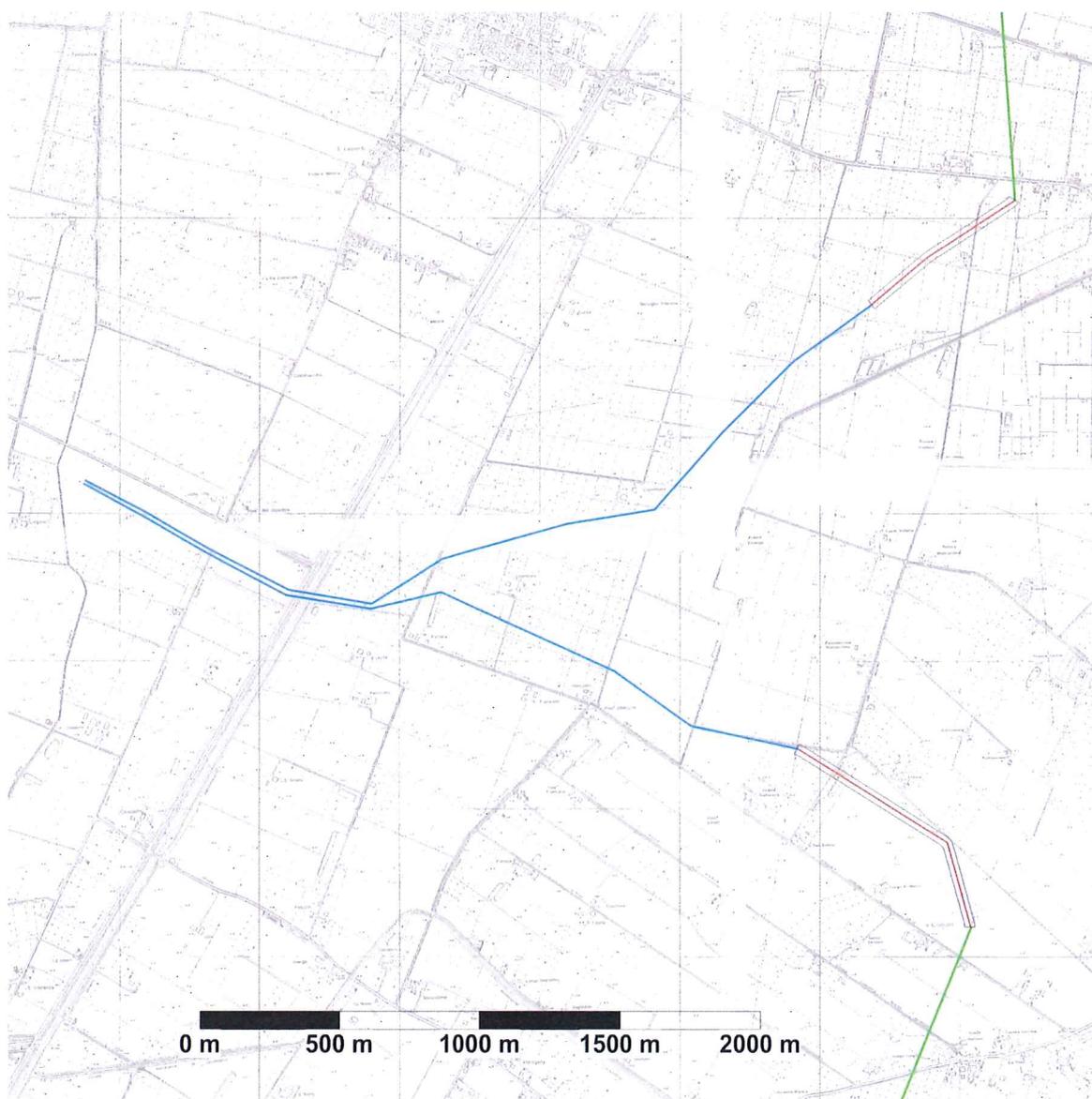
**Figura 6 -** Proiezione a terra della fascia di rispetto nell'area di interesse per gli interventi sull'elettrodotto n. 859 (area 3 di Figura 3).

### 4.3 Collegamenti con la C.P. "Altedo"

Nei paragrafi seguenti è riportata la descrizione dei due nuovi raccordi in progetto per il collegamento tra la Stazione "Colunga" e la C.P. "Altedo" e tra quest'ultima e la C.P. "Ferrara Sud".

Nella Figura 7 è riportata la mappa complessiva dell'area interessata dall'intervento. In colore blu e verde sono riportati i tratti di elettrodotto esistenti, mentre in rosso sono riportati i raccordi di nuova costruzione.

Nell'area non sono stati individuati recettori sensibili in prossimità dei nuovi raccordi in progetto.



**Figura 7 -** Proiezione a terra della fascia di rispetto nell'area di interesse per i nuovi tratti dei collegamenti con della C.P. Altedo con la Centrale "Centro Energia" (a Nord) e con la Stazione Colunga (a Sud).

#### **4.3.1 Lato sud**

Il collegamento alla C.P. "Altedo" prevede lo sfruttamento dell'ultimo tratto dell'esistente elettrodotto "Colunga - Altedo" n.859 fino al suo sostegno n. 88.

Il tronco declassato a 132 kV dell'elettrodotto ex 220 kV "Colunga-Este" n. 226, compreso tra il sostegno n. 18 (sostituito con il nuovo sostegno n. 22) ed il sostegno n. 51, che sarà anche esso sostituito con un nuovo sostegno n. 51.

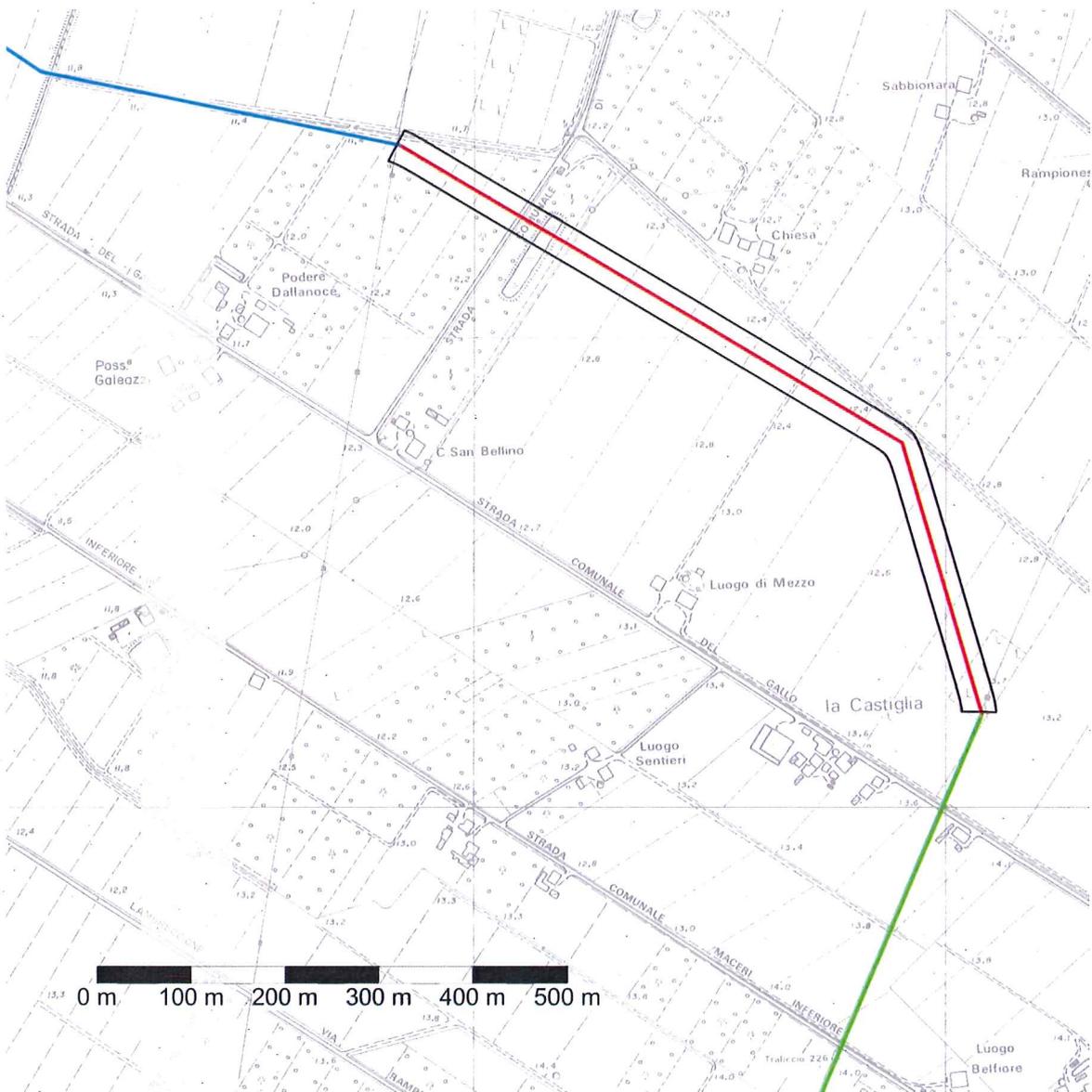
Il nuovo breve tratto di elettrodotto esaminato, collega tra loro il nuovo sostegno n. 51 e l'esistente sostegno n. 88 sopra indicati.

Nella Figura 8 è riportata la proiezione a terra della fascia di rispetto in tutta l'area interessata dalla realizzazione del nuovo raccordo con la C.P. "Altedo".

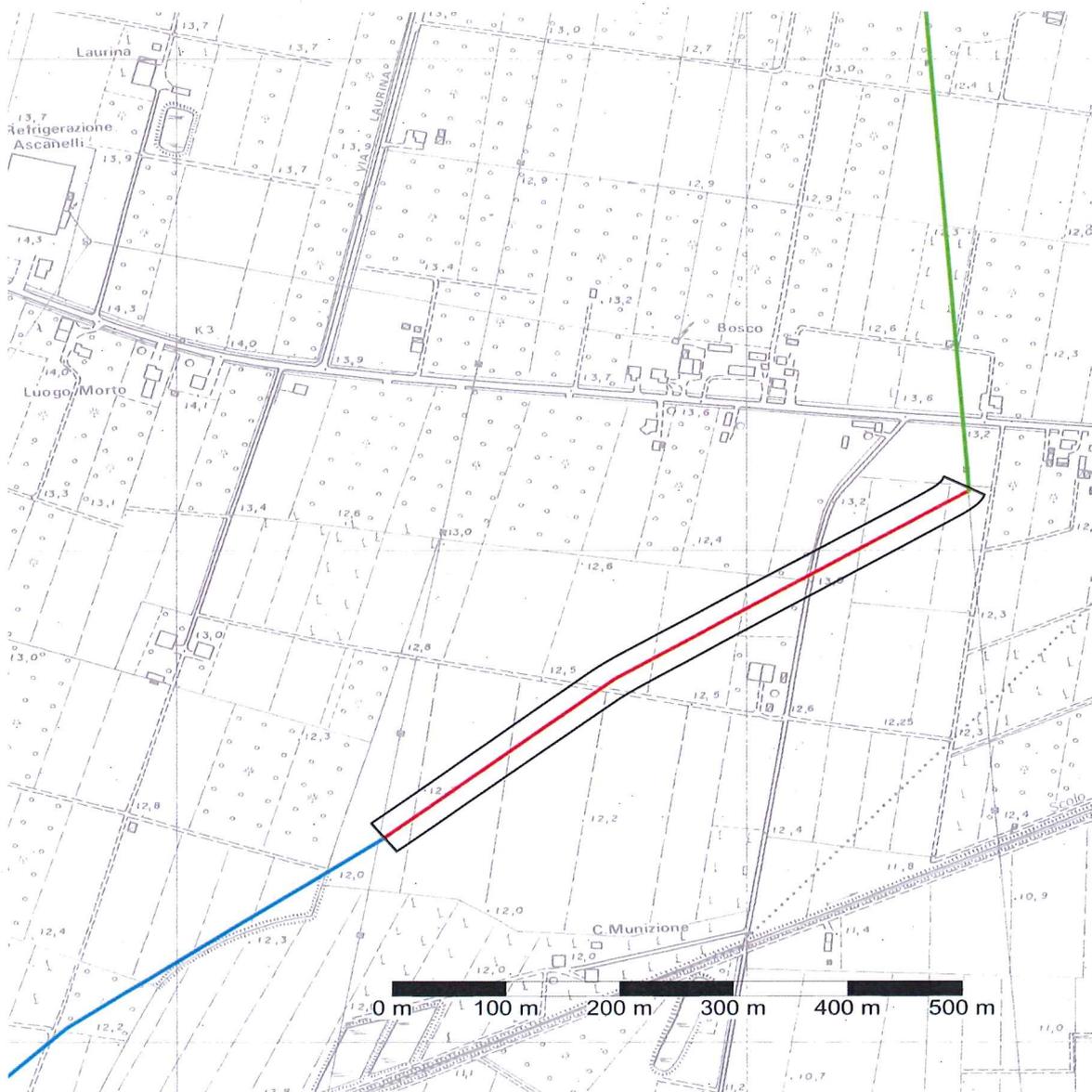
#### **4.3.2 Lato nord**

Il collegamento a nord della C.P. "Altedo" è costituito, nel primo tratto, dall'elettrodotto a 132 kV n. 702 "Altedo - Ferrara Sud". Il collegamento tra questo e l'elettrodotto 220 kV ex "Colunga-Este" sarà effettuato tramite un breve raccordo aereo a 132 kV tra i sostegni n. 95 e n. 58 dei suddetti elettrodotti.

Nella Figura 9 è riportata la proiezione a terra della fascia di rispetto nell'area interessata dalla realizzazione del nuovo raccordo con la C.P. "Altedo".



**Figura 8 -** Proiezione a terra della fascia di rispetto nell'area di interesse per il nuovo tratto del collegamento con la C.P. Altedo (Lato Sud).



**Figura 9 -** Proiezione a terra della fascia di rispetto nell'area di interesse per il nuovo tratto del collegamento con la C.P. Altedo (Lato Nord).

#### 4.4 Collegamento con la C.P. "Ferrara Sud" e collegamento C.P. "Ferrara Sud" – Centrale "Centro Energia"

La nuova linea "Altedo – Ferrara Sud" segue il percorso dell'elettrodotto a 220 kV ex "Colunga – Este" fino al sostegno n. 106 da cui viene realizzata la connessione alla C.P. "Ferrara Sud" che termina con un tratto in cavi interrati.

Dalla C.P. "Ferrara Sud", verrà costruito integralmente il nuovo collegamento "Ferrara Sud – Centro Energia" con la completa demolizione dell'elettrodotto attuale (n. 767). Il nuovo elettrodotto sarà, per la prima parte, costituito da cavi interrati, proseguirà quindi in linea aerea e terminerà, passando di nuovo in cavo interrato prima di entrare nell'area industriale del polo petrolchimico di Ferrara (ex polo chimico Montedison), al "Sezionamento AT – Centro Energia Ferrara".

Nell'area sono presenti due elettrodotti RFI a 132 kV che intersecano la nuova linea: n. 033\_A "Ferrara RFI – Portomaggiore RFI" e n. 022\_A "Ferrara RFI – S. Agostino RFI".

In Figura 10 è riportata la mappa complessiva di tutto l'intervento sopra descritto rimandando alle figure 11÷14 per i dettagli. Nelle figure 10÷14 le interferenze rilevate da Terna sono riportate in verde, mentre la proiezione a terra della fascia di rispetto è riportata in nero.

Le figure evidenziano che nessun edificio cade all'interno della proiezione a terra della fascia di rispetto.

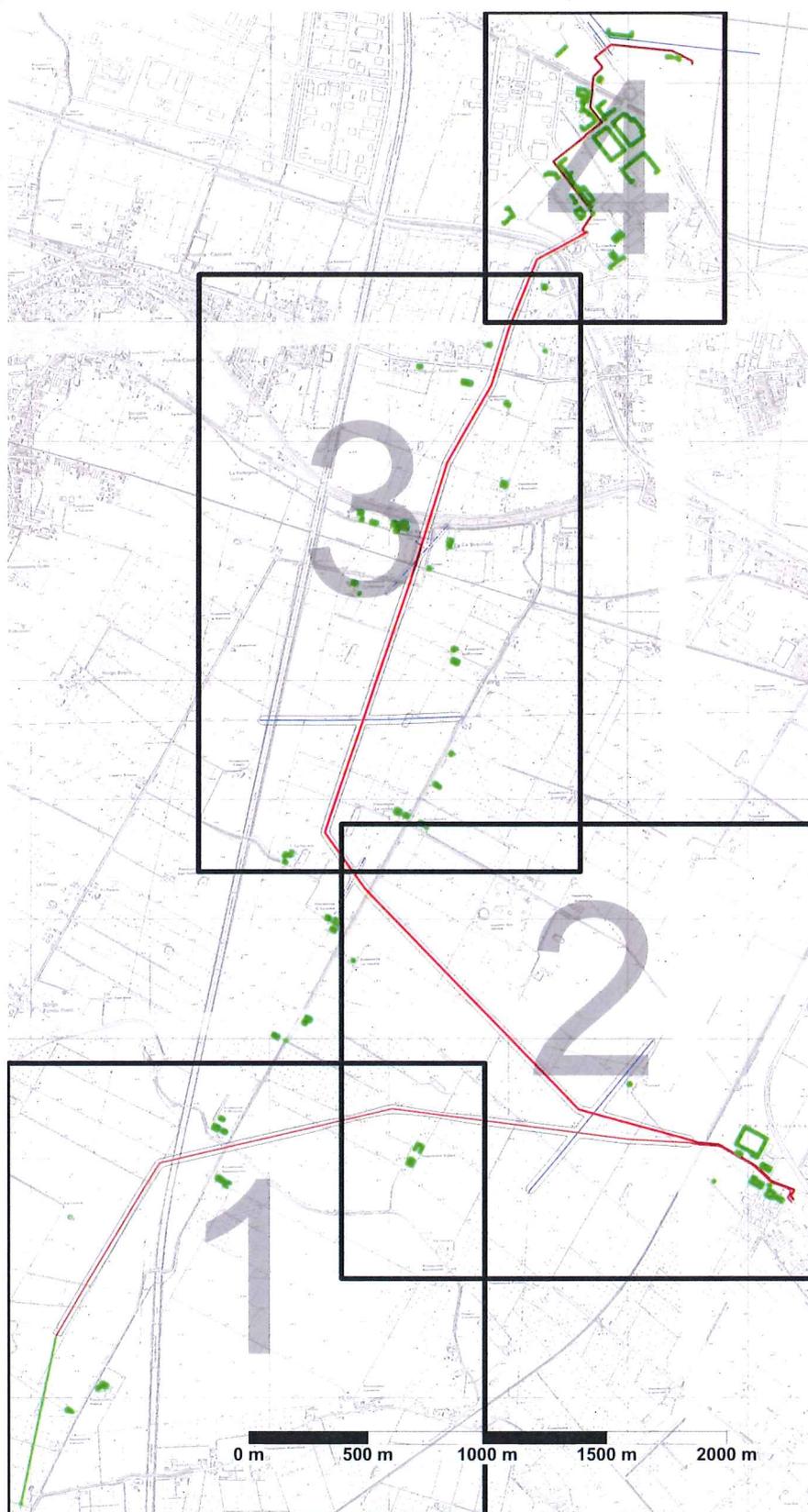
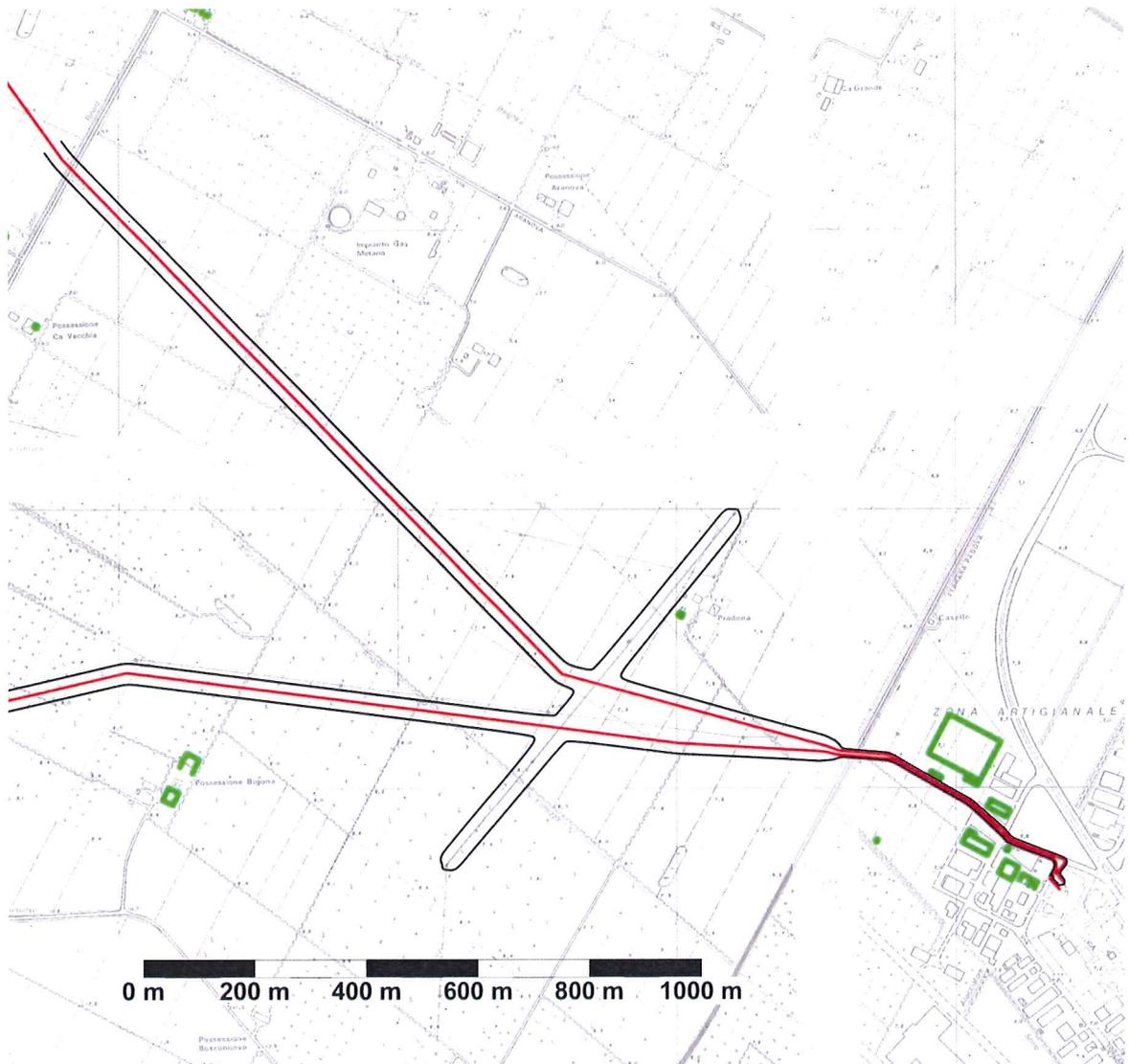


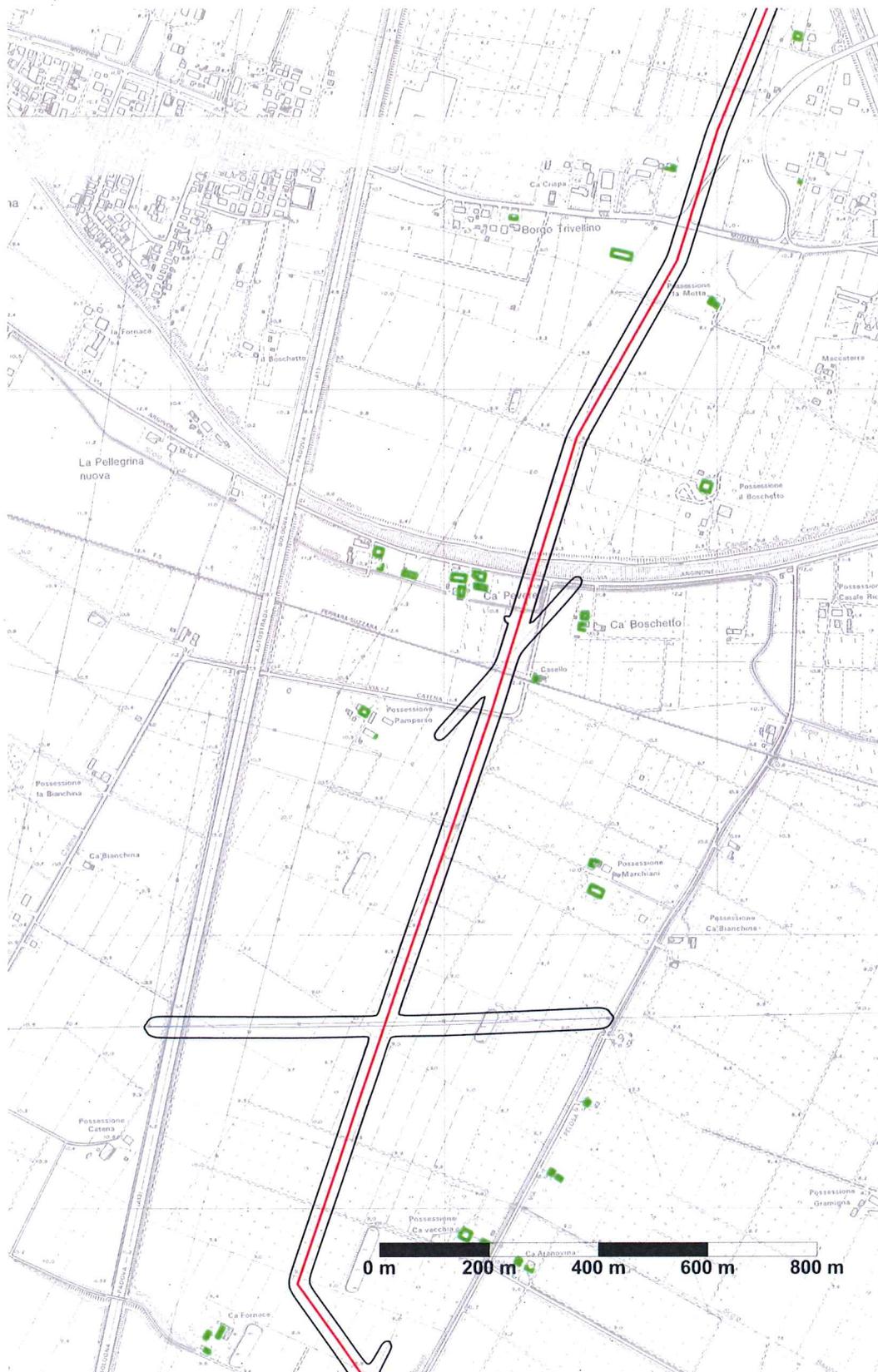
Figura 10 - Proiezione a terra della fascia di rispetto nell'area di interesse per i nuovi tratti dei collegamenti con la C.P. Altedo e la Centrale "Centro Energia".



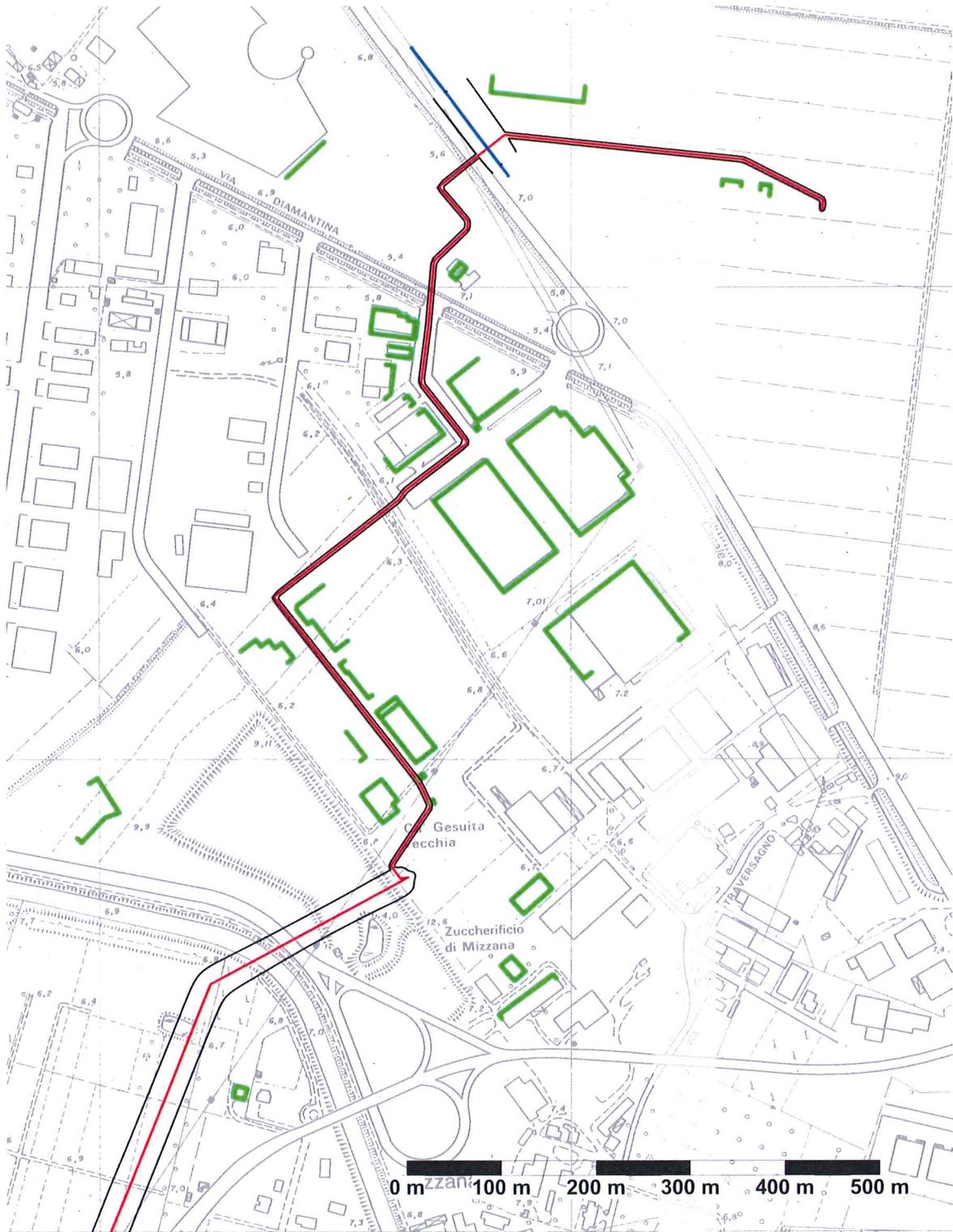
**Figura 11** - Proiezione a terra della fascia di rispetto nell'area di interesse per i nuovi tratti dei collegamenti con la C.P. Altedo e la Centrale "Centro Energia" (area 1 di Figura 10).



**Figura 12 -** Proiezione a terra della fascia di rispetto nell'area di interesse per i nuovi tratti dei collegamenti con la C.P. Altedo e la Centrale "Centro Energia" (area 2 di Figura 10).



**Figura 13 -** Proiezione a terra della fascia di rispetto nell'area di interesse per i nuovi tratti dei collegamenti con la C.P. Altedo e la Centrale "Centro Energia" (area 3 di Figura 10).



**Figura 14 -** Proiezione a terra della fascia di rispetto nell'area di interesse per i nuovi tratti dei collegamenti con la C.P. Altedo e la Centrale "Centro Energia" (area 4 di Figura 10).

## 5 ANALISI DELLE INTERFERENZE

Nel seguito, ciascuna interferenza individuata nelle figure precedenti viene analizzata nel dettaglio.

### 5.1 Interferenza A (Figura 4):

La Figura 15 mostra il particolare della proiezione a terra della fascia di rispetto nell'area di interesse per l'interferenza A per i due nuovi ingressi degli elettrodotti "Colunga - Altedo" n. 859 (a sinistra) e "Colunga - Mezzolara" n. 795 (a destra). I tratti di elettrodotto esistenti e non variati dal progetto sono riportati in colore blu. Si nota come tutto l'edificio si trovi al di fuori della proiezione a terra della fascia di rispetto calcolata per i due nuovi ingressi degli elettrodotti n. 859 e n. 795 nella s.e. Colunga.

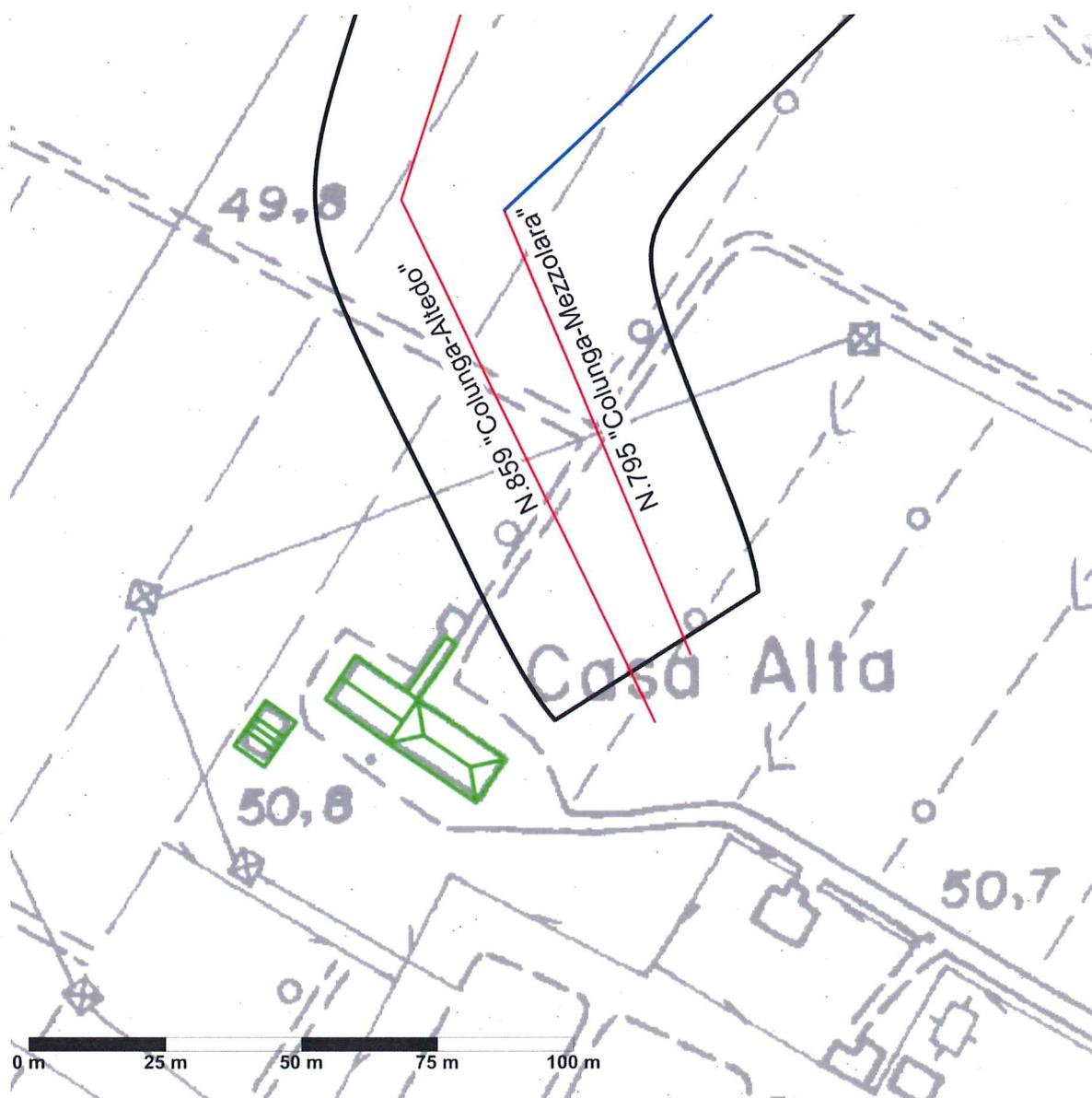


Figura 15 - Proiezione a terra della fascia di rispetto nella zona dell'interferenza A.

## 5.2 Interferenza B (Figura 4)

L'interferenza è costituita da una serra. La Figura 16 mostra il particolare della proiezione a terra della fascia di rispetto nell'area di interesse. Si nota come la serra sia situata al di fuori della proiezione a terra della fascia di rispetto



Figura 16 - Proiezione a terra della fascia di rispetto nella zona dell'interferenza B.

### 5.3 Interferenza C (Figura 4)

In questo caso l'interferenza è costituita da una serra in un'area sottostante il nuovo elettrodotto n. 859 in cui il terreno è situato a circa 42 m slm. Le figure 17 ÷ 21, che mostrano le curve isolivello del campo magnetico alle quote 42, 44, 45, 46, 48 m slm, evidenziano che nell'area occupata dalla serra è previsto un campo magnetico superiore a 3  $\mu$ T a partire dalla quota di circa 46 m slm e quindi ad una quota di circa 4 m sul suolo.

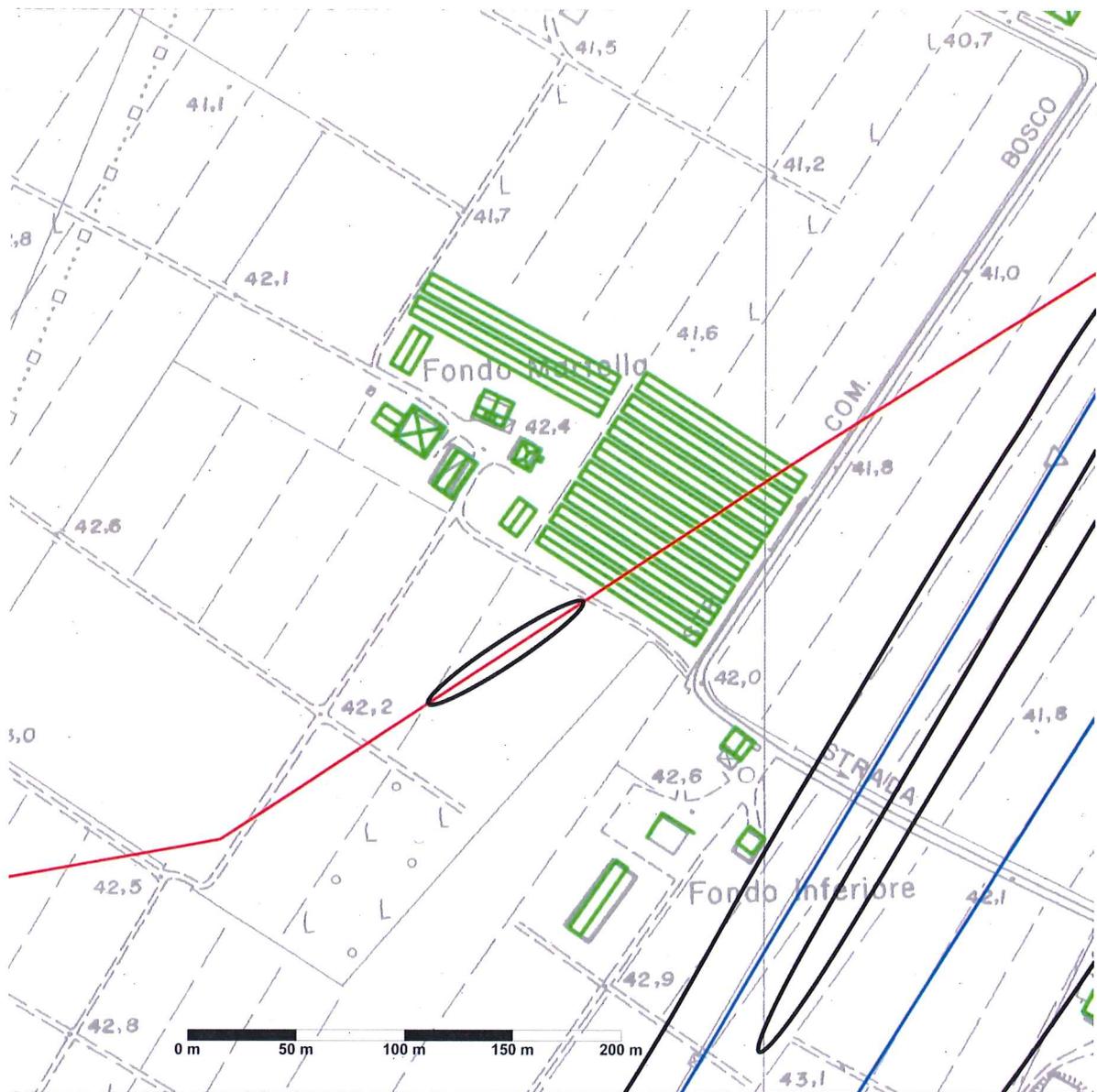
Poiché la serra ha un'altezza massima dal suolo, misurata al colmo della copertura, di 4.2 metri si può senz'altro affermare che l'area accessibile alle persone all'interno della serra, posta al livello del terreno, sia interessata da un campo magnetico inferiore a 3  $\mu$ T. Infatti, sicuramente fino alla quota di 45 m slm, corrispondente a 3 m sul suolo, il campo magnetico previsto è inferiore a 3  $\mu$ T. A questa quota la Figura 19 (calcolata ad un'altezza di 3 m sul suolo) mostra una zona con campo magnetico maggiore di 3  $\mu$ T in un'area di estensione limitata vicina alla serra, mentre la Figura 18 evidenzia che all'altezza di 2 m sul suolo il campo magnetico dovuto al nuovo elettrodotto n. 859 si mantiene sempre inferiore a 3  $\mu$ T.



**Figura 17 -** Curve isolivello del campo magnetico a 3 µT, in nero, alla quota di 42 m slm nella zona dell'interferenza C.



**Figura 18 -** Curve isolivello del campo magnetico a 3  $\mu\text{T}$ , in nero, alla quota di 44 m slm nella zona dell'interferenza C.



**Figura 19 -** Curve isolivello del campo magnetico a 3  $\mu\text{T}$ , in nero, alla quota di 45 m slm nella zona dell'interferenza C.



**Figura 20 -** Curve isolivello del campo magnetico a 3  $\mu\text{T}$ , in nero, alla quota di 46 m slm nella zona dell'interferenza C.



**Figura 21** - Curve isolivello del campo magnetico a 3  $\mu\text{T}$ , in nero, alla quota di 48 m slm nella zona dell'interferenza C.

## 5.4 Interferenza D (Figura 5)

L'interferenza è costituita da un edificio a due piani la cui altezza alla gronda è di circa 45 m slm in un'area in cui il terreno è situato a circa 39 m slm. Le figure 22 ÷ 25 mostrano che, alle altezze di 39, 41, 43 e 45 m slm le curve isolivello del campo magnetico a 3  $\mu\text{T}$  non intersecano l'edificio.

Un'analisi più approfondita consente di verificare che l'influenza del nuovo elettrodotto n. 859 "Colunga-Altedo" (in rosso nelle figure 22 ÷ 25) è trascurabile sul campo magnetico che interessa l'interferenza D. Infatti, nelle condizioni di carico considerate (vedi cap. 2), il campo magnetico massimo nel recettore è pari a 2.95  $\mu\text{T}$ .

Considerando la sola influenza degli elettrodotti a 380 kV esistenti n. 302 "Martignone – Colunga" e n. 332 "Colunga – Forlì" (ponendo a 0 la corrente nell'elettrodotto n. 859), il

campo magnetico massimo nel recettore risulta pari a  $2.93 \mu\text{T}$ , uguale quindi, nei limiti di precisione del modello 3D utilizzato, al campo magnetico calcolato in presenza di tutti gli elettrodotti.

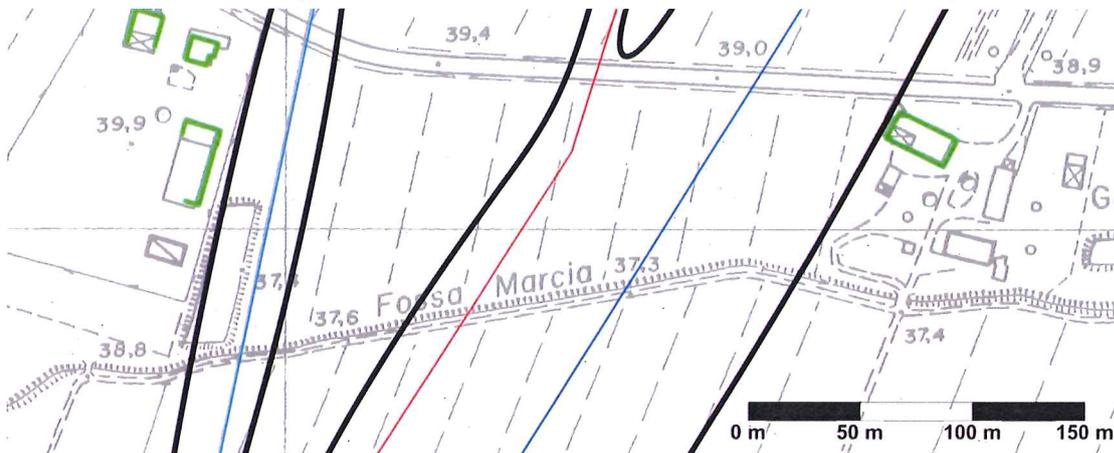


Figura 22 - Curve isolivello del campo magnetico a  $3 \mu\text{T}$ , in nero, alla quota di 39 m slm nella zona dell'interferenza D.

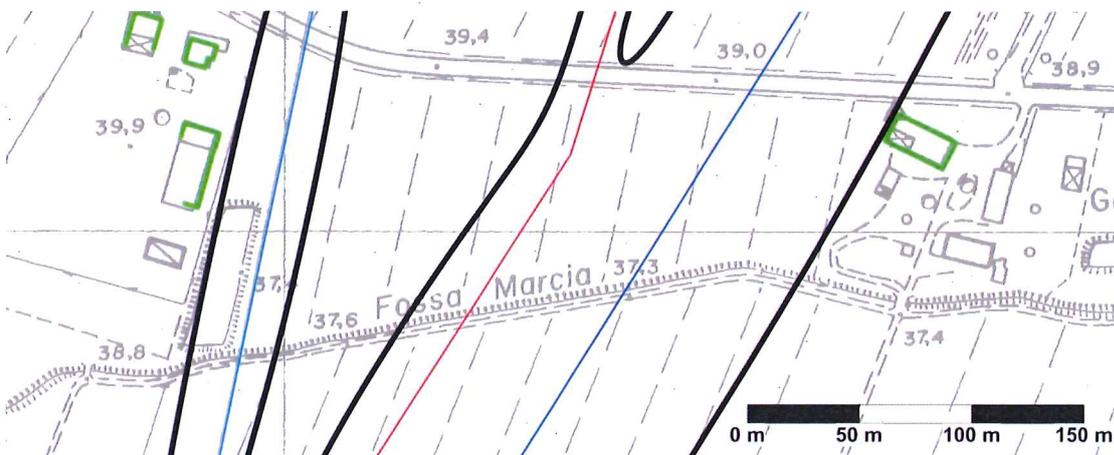


Figura 23 - Curve isolivello del campo magnetico a  $3 \mu\text{T}$ , in nero, alla quota di 41 m slm nella zona dell'interferenza D.

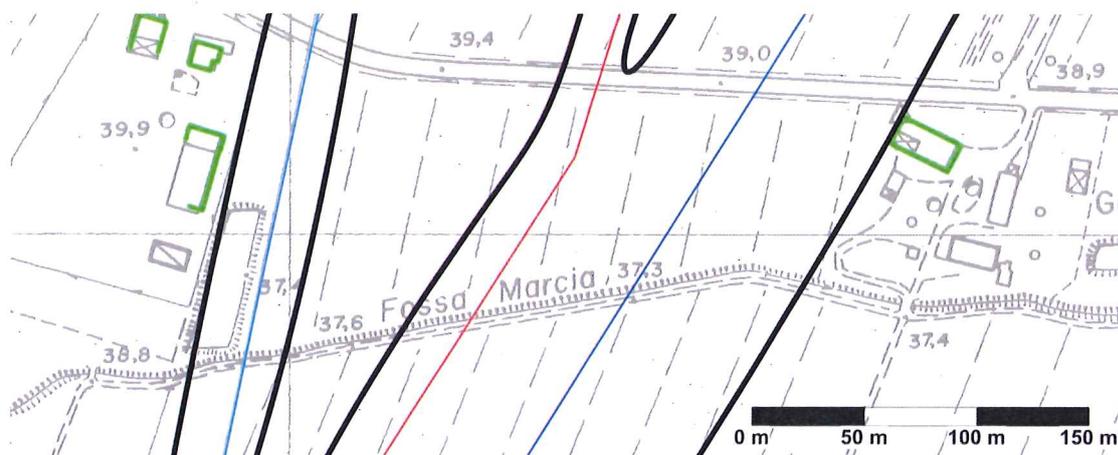


Figura 24 - Curve isolivello del campo magnetico a  $3 \mu\text{T}$ , in nero, alla quota di 43 m slm nella zona dell'interferenza D.

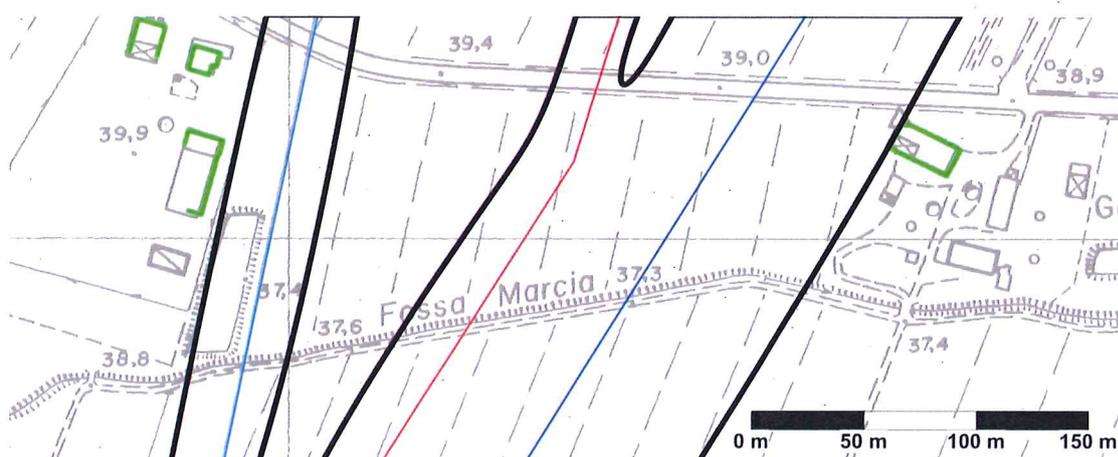


Figura 25 - Curve isolivello del campo magnetico a  $3 \mu\text{T}$ , in nero, alla quota di 45 m slm nella zona dell'interferenza D.

## 6 CONCLUSIONI

I risultati delle valutazioni descritte nel presente documento consentono di affermare che il progetto di rafforzamento di alcune connessioni a 132 kV già esistenti tra impianti elettrici ubicati nell'area tra Bologna e Ferrara rispetta le prescrizioni della normativa vigente riguardanti l'esposizione del pubblico al campo magnetico a frequenza industriale.

## 7 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 01/06/2002: "Portata al limite termico delle linee aeree esterne con tensione maggiore di 100 kV."
- [3] Norma Tecnica CEI n° 106-11 del 01/02/2006: "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."
- [4] Geri, G. M. Veca, R. Conti: "Calcolo del campo magnetico prodotto dai sistemi elettrici di potenza". 96a Riunione Annuale dell'AEI - Roma, 1995.
- [5] 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).
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 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.