



AGENZIA
REGIONALE
PER LA PROTEZIONE
AMBIENTALE
DELLE MARCHE

Dipartimento Provinciale di Pesaro
Servizio Radiazioni/Rumore
Via Barsanti 8 – 61100 Pesaro
Codice Fiscale / Partita IVA: 01588450427
Tel: 0721/3999724 – 3999764
Fax: 0721/3999780
E-mail: luciano.benini@ambiente.marche.it

**VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE DELLA POPOLAZIONE
AI CAMPI ELETTROMAGNETICI DI BASSA FREQUENZA
GENERATI DA ELETTRODOTTI DI ALTA E ALTISSIMA
TENSIONE NEL TERRITORIO DEL COMUNE DI FANO**

Responsabile:

dott. Luciano Benini

Collaborazioni:

dott.ssa Silvia Marcosignori

dott.ssa Sara Peverieri

dott.ssa Barbara Scavolini

dott. Michele Alfinito

Luglio 2003

INDICE

<u>INDICE.....</u>	<u>2</u>
<u>PREMESSA.....</u>	<u>3</u>
<u>INTRODUZIONE.....</u>	<u>3</u>
<u>SCOPO DELLO STUDIO.....</u>	<u>6</u>
<u>ELABORAZIONE DEI DATI.....</u>	<u>11</u>
<u>ANALISI DEGLI ELETTRODOTTI.....</u>	<u>14</u>
<u>Elettrodotto FF.SS.....</u>	<u>15</u>
<u>Elettrodotto 701 FANO E.T. - FOSSOMBRONE.....</u>	<u>21</u>
<u>Elettrodotto 707 FANO E.T. – S. COLOMBA.....</u>	<u>23</u>
<u>Elettrodotto 724 FANO E.T. – MONTELABBATE.....</u>	<u>23</u>
<u>Elettrodotto 717 FANO -S.VENERANDA.....</u>	<u>26</u>
<u>Elettrodotto 757 FANO E.T. - FANO.....</u>	<u>30</u>
<u>Elettrodotto 718 FANO E.T. – FANO Z.I.....</u>	<u>37</u>
<u>Elettrodotto 719 FANO Z.I. - MONDOLFO.....</u>	<u>39</u>
<u>Elettrodotto 756 FANO E.T. - SALTARA.....</u>	<u>42</u>
<u>Elettrodotto 336 FANO E.T. - CANDIA.....</u>	<u>42</u>
<u>Elettrodotto 335 FANO E.T. – S. MARTINO 1.....</u>	<u>47</u>
<u>Elettrodotto 350 FANO E.T. – FORLì 2.....</u>	<u>50</u>
<u>Tratto comune degli elettrodotti 718 e 757.....</u>	<u>56</u>
<u>Incrocio elettrodotti 336, 718 e 757.....</u>	<u>61</u>
<u>CONCLUSIONI.....</u>	<u>64</u>
<u>APPENDICE 1: ELABORAZIONE DEI DATI.....</u>	<u>66</u>
<u>APPENDICE 2: SULLE INCERTEZZE.....</u>	<u>68</u>
<u>APPENDICE 3: INDICE DI CORRELAZIONE.....</u>	<u>69</u>
<u>BIBLIOGRAFIA.....</u>	<u>71</u>

PREMESSA

Questo lavoro è stato svolto sulla base di una convenzione fra il Comune di Fano e il Servizio Radiazioni/Rumore del Dipartimento Provinciale di Pesaro dell'ARPAM (Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale delle Marche) nell'ambito del processo di Agenda 21 locale al quale il Comune di Fano ha aderito. Poiché erano disponibili, per il suddetto territorio, solamente valori di campo elettromagnetico ricavati in occasione di specifiche richieste localizzate, si è reso necessario avviare una campagna di misure mirata a quelle porzioni di territorio, attorno alle linee elettriche di alta e altissima tensione, dove si poteva presumere valori significativi di campo elettromagnetico.

INTRODUZIONE

Dal primo studio, ormai famoso, del 1979 condotto da Wertheimer e Leeper (1), nel quale emerse una possibile correlazione fra l'esposizione ai campi elettromagnetici di bassa frequenza e l'insorgenza di leucemie, l'interesse della comunità scientifica e dell'opinione pubblica è andato crescendo in maniera esponenziale, sia per le basse che per le alte frequenze.

Al fine di consentire una valutazione, la più obiettiva possibile, dello stato dell'arte delle conoscenze sugli effetti dei campi elettromagnetici a bassa frequenza sulla salute, si riportano le dichiarazioni delle principali istituzioni mondiali che si sono pronunciate sull'argomento:

Istituto Superiore di Sanità: *"Gli studi epidemiologici suggeriscono un'associazione tra l'esposizione residenziale a campi magnetici a 50 Hz e la leucemia infantile. Il nesso di causalità non è tuttavia dimostrato, sia a causa di limitazioni nel disegno degli studi e nel controllo di potenziali fattori di confondimento, sia per il carattere contrastante dei dati ottenuti mediante differenti procedure di valutazione dell'esposizione (...), sia infine a causa della mancanza di*

un chiaro meccanismo d'azione per l'eventuale cancerogenicità dei campi magnetici di frequenza industriale" (2).

OMS: *"Non vi è finora alcuna prova convincente che l'esposizione a campi ELF provochi danni diretti alle molecole biologiche, compreso il DNA. Risulta quindi improbabile che essi possano iniziare il processo di cancerogenesi. Tuttavia, sono ancora in corso studi per stabilire se l'esposizione a campi ELF possa influenzare la promozione o la co-promozione del cancro. Recenti studi su animali non hanno trovato evidenze che l'esposizione a campi ELF abbia effetto sull'incidenza di tumori" (3).*

ICNIRP: *"I risultati della ricerca epidemiologica sull'esposizione ai campi elettromagnetici e il cancro, inclusa la leucemia infantile, non sono abbastanza forti, in assenza di supporto da parte della ricerca sperimentale, da stabilire una base scientifica per emanare linee guida per l'esposizione" (4).*

NIEHS (National Institute of Environmental Health Sciences, USA): *"Il NIEHS ritiene che la probabilità che l'esposizione a campi elettromagnetici sia realmente pericolosa per la salute è, allo stato attuale, piccola. Le deboli associazioni epidemiologiche e la mancanza di ogni supporto di laboratorio per confermarle forniscono solo un debole sostegno all'ipotesi che l'esposizione ai campi elettromagnetici ELF possa provocare danni di qualsiasi grado". L'Istituto ha concluso che i campi ELF debbano essere considerati come un "possibile cancerogeno per l'uomo", vale a dire la più bassa delle tre categorie usate dalla IARC (Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro) per classificare l'evidenza scientifica relativa ad agenti potenzialmente cancerogeni: "possibile cancerogeno", "probabile cancerogeno" e "cancerogeno". La IARC ha due ulteriori voci: "non classificabile" e "probabilmente non cancerogeno", ma il NIEHS ha ritenuto che vi fossero prove a sufficienza per eliminare queste categorie". (5).*

OMS: *"La valutazione dei potenziali rischi per la salute dei CEM è affetta da numerose incertezze. In particolare, un certo numero di studi epidemiologici suggerisce l'esistenza di una debole correlazione tra esposizione ai CEM e malattie. Gli studi comprendono una varietà di malattie e condizioni di esposizione. Tuttavia, le maggiori evidenze sono relative ad un possibile aumento del rischio di leucemia infantile associato all'esposizione a CEM di bassa frequenza (50/60 Hz). Altre evidenze scientifiche, compresi molti studi su animali, non supportano questa conclusione, e molti degli stessi studi epidemiologici sono affetti da problemi quali l'inadeguata valutazione dell'esposizione. Commissioni di esperti che hanno riesaminato questa evidenza hanno concordemente ritenuto che essa sia troppo debole per essere convincente" (6).*

Nel giugno 2001, un gruppo di lavoro della IARC, formato da scienziati esperti nel settore, ha esaminato gli studi relativi alla cancerogenicità dei campi elettrici e magnetici statici ed ELF. Usando la classificazione standardizzata della IARC, che soppesa i dati di studi sull'uomo, sull'animale e di laboratorio, i campi magnetici ELF sono stati classificati come possibilmente cancerogeni per l'uomo, sulla base degli studi epidemiologici relativi alla leucemia infantile. Le evidenze scientifiche relative a tutti gli altri tipi di tumori nei bambini e negli adulti, nonché quelle relative ad altri tipi di esposizione (cioè a campi statici ed a campi elettrici ELF) sono stati considerati non classificabili, perché le informazioni scientifiche erano insufficienti o incoerenti.

Sono qui riportati alcuni esempi di comuni agenti classificati dalla IARC.

Agente Cancerogeno per l'uomo (normalmente in base ad una forte evidenza di cancerogenicità nell'uomo): Asbesto (amianto), Iprite, Tabacco, Radiazione gamma

Probabilmente cancerogeno per l'uomo (normalmente in base ad una forte evidenza di cancerogenicità negli animali): Gas di scarico dei motori diesel, Lampade solari, Radiazione UV, Formaldeide

Possibilmente cancerogeno per l'uomo (normalmente sulla base di una evidenza nell'uomo che è considerata credibile, ma per la quale non si possono escludere altre

cause): Caffè, Gas di scarico dei motori a benzina, Fumi di saldatura, Campi magnetici a bassa frequenza ELF

Non classificabile come cancerogeno

Probabilmente non cancerogeno

Per l'esposizione alle *basse frequenze*, alcuni studi hanno ipotizzato un aumento del rischio per la leucemia infantile; in molti di questi studi è stato scelto il valore di 0.2 μT come linea di demarcazione tra individui esposti e non esposti. Secondo stime effettuate dall'Istituto Superiore di Sanità, l'esposizione ai campi ELF prodotti dalle linee elettriche potrebbe causare in Italia indicativamente l'1% dei circa 400 casi di leucemia infantile che si registrano ogni anno. Altre ricerche scientifiche invece, compresi molti studi su animali, non hanno riscontrato effetti di lungo periodo delle radiazioni ELF.

SCOPO DELLO STUDIO

Sulla base della possibilità che l'esposizione ai campi elettromagnetici di bassa frequenza possa avere effetti sulla salute umana, si è progettato il presente studio che ha avuto lo scopo di determinare quanta popolazione del Comune di Fano è sottoposta ad un valore di induzione magnetica media annuale superiore a 0.2 μT , considerato il valore di riferimento per possibili effetti sanitari. Lo studio ha in realtà permesso anche di suddividere questa popolazione in fasce di esposizione come qui sotto indicato:

$0.2 \mu\text{T} \leq B < 0.5 \mu\text{T}$
$0.5 \mu\text{T} \leq B < 1 \mu\text{T}$
$B \geq 1 \mu\text{T}$

Nella prima parte dello studio si sono individuate, per ciascun elettrodotto di alta e altissima tensione transitante nel Comune di Fano (tab. 1), le larghezze delle fasce

entro le quali si poteva pensare che vi fossero valori di induzione magnetica medi annuali superiori a $0.2 \mu T$.

DENOMINAZIONE DELL'ELETTRODOTTO		N°	GESTORE DEI DATI DI CORRENTE	TENSIONE AUTORIZZATA (kV)	TENSIONE DI ESERCIZIO (kV)	CORRENTE MEDIA DI TRANSITO (A)			MAX	d _{0.5}	d _{0.2}	d _{0.05}
I° NODO	II° NODO					2000	2001	2002				
Linea aerea FF.SS.	Linea aerea FF.SS.		FF.SS.	132	132	27	27	27	27	3	6	12
FANO E.T.	FOSSOMBRONE	701	GRTN	132	120	159	133	130	159	17	34	69
FANO E.T.	S. COLOMBA	707	GRTN	132	120	153	170	180	180	19	39	78
FANO	S. VENERANDA	717	EM/ESR	150	120	181	183	129	183	20	40	79
FANO E.T.	FANO Z.I.	718	GRTN	132	120	191	151	137	191	21	41	83
FANO Z.I.	MONDOLFO	719	GRTN	132	120	126	123	114	126	14	27	55
FANO E.T.	MONTELABBATE	724	GRTN	132	120	203	248	260	260	28	56	113
FANO E.T.	SALTARA	756	GRTN	132	120	239	229	220	239	26	52	104
FANO E.T.	FANO	757	EM/ESR	150	120	244	244	179	244	26	53	106
FANO E.T.	CANDIA	336	GRTN	380	380	453	388	339	453	49	98	196
FANO E.T.	S. MARTINO 1	335	GRTN	380	380	341	275	240	341	37	74	148
FANO E.T.	FORLÌ 2	350	GRTN	380	380	427	377	321	427	46	93	185

Tabella 1: elettrodotto di alta e altissima tensione transitanti nel Comune di Fano

Legenda: FF.SS. = Ferrovie dello Stato

GRTN = Gestore Rete Trasmissione Nazionale

EM/ESR = ENEL MARCHE ESERCIZIO

La dimensione di tale fascia è stata determinata utilizzando una formula empirica, già in passato sperimentata, che fornisce con buona approssimazione la distanza dall'asse dell'elettrodotto in funzione della corrente di transito nell'elettrodotto stesso e del valore di induzione magnetica esistente a quella distanza.

$$d(m) = 0.065 \frac{I(A)}{B(\mu T) + 0.1}$$

I valori di corrente media annuale per ciascun elettrodotto sono forniti all'ARPAM dai gestori degli elettrodotto in quanto l'ARPAM è l'organismo istituzionale individuato dalla normativa vigente nazionale in materia di campi elettromagnetici.

Per I(A) si è utilizzato, cautelativamente, il valore massimo, negli anni 2000 – 2001 – 2002, della corrente media annuale transitata.

Utilizzando la cartografia digitalizzata del Comune di Fano in scala 1:2000 che comprende il tracciato degli elettrodotto, mediante il programma GIS ArcView della

ditta ESRI sono state generate le suddette fasce da una parte e dall'altra di ogni elettrodotto.

L'intersezione fra tali fasce con le abitazioni ivi esistenti ha consentito di individuare i fabbricati che presumibilmente potevano essere esposti ad un valore di induzione magnetica di almeno $0.2 \mu\text{T}$. Per ognuna di queste situazioni si è provveduto a stampare, in scala 1:2000, la relativa mappa.

Tramite appositi sopralluoghi preventivi si è ottenuta l'autorizzazione dei proprietari ad installare, per 24 ore, in un punto dell'abitazione, un rivelatore di campo magnetico. I punti sono stati scelti di volta in volta in maniera che risultasse minima la distanza dai conduttori della linea e, dove possibile, significativa la permanenza degli individui esposti. I rivelatori utilizzati sono il modello HT300 della ditta Microrad, dispositivi che consentono di misurare il valore del vettore induzione magnetica nei tre assi (B_x , B_y , B_z).

Preventivamente, utilizzando il misuratore di campo magnetico EM-Field Analyzer EFA-3 della ditta Wandel & Goltermann, si è verificato che il punto prescelto per il posizionamento della sonda Microrad non fosse influenzato da campi magnetici interni al fabbricato o da strutture metalliche.

Ogni sonda Microrad è stata poi programmata mediante PC portatile per effettuare una misurazione in un arco di 24 ore, con campionamento ogni 10 secondi, ottenendo un totale di 8640 valori.

Disponendo di 6 rivelatori, è stato possibile nell'arco di qualche settimana (dal 15/04/03 all'11/06/03) monitorare 48 punti presso altrettanti fabbricati.

Per ognuno dei punti monitorati è stata compilata una scheda (figura 1), sono state eseguite fotografie digitali della zona e dell'elettrodotto in questione ed è stata determinata la distanza fra il punto di misura e il cavo più vicino dell'elettrodotto.



AGENZIA
REGIONALE
PER LA PROTEZIONE
AMBIENTALE
DELLE MARCHE

Dipartimento Provinciale di Pesaro
Servizio Radiazioni/Rumore
Via Barsanti 8 – 61100 Pesaro
Codice Fiscale / Partita IVA: 01588450427
Tel: 0721/3999724 – 3999764
Fax: 0721/3999780
E-mail: luciano.benini@ambiente.marche.it

Operatori: LB SP MA SM BS	
Scheda N°	
Identificativo Casa	
Numero inventario sonda	
Coordinate GPS Latitudine	
Coordinate GPS Longitudine	
Indirizzo e numero civico	
Nominativo	
Numero di inquilini	
Numero di persone ≤12 anni	
Numero di telefono	
Tipologia (casa, giardino, ...)	
Piano di ubicazione della sonda	
Locale di ubicazione della sonda	
Altezza dal pavimento (m)	
Distanza dal cavo elettrico più vicino (m)	
Data inizio misure	
Ora inizio misure	
Data fine misure	
Ora fine misure	
Campo elettrico sotto asse (V/m)	
Campo magnetico sotto asse (μT)	
Campo magnetico nel punto di misura (μT)	
Note	
Foto	

Figura 1: scheda tipo utilizzata per ogni punto di misura.



AGENZIA
REGIONALE
PER LA PROTEZIONE
AMBIENTALE
DELLE MARCHE

Valutazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici di bassa frequenza generati da elettrodotti di alta e altissima tensione nel territorio del Comune di Fano

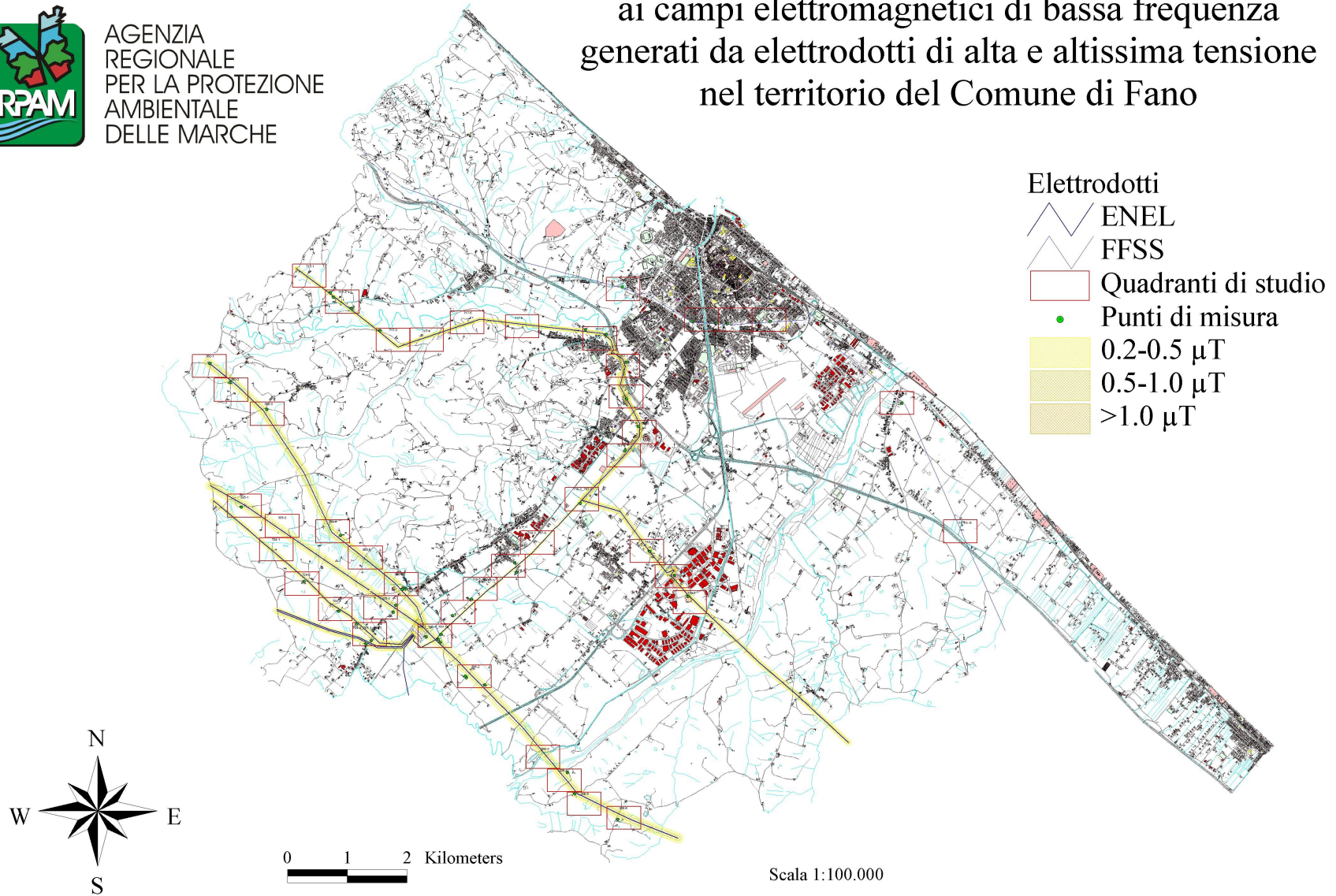


Figura 2: schede e punti di misura scelti per gli elettrodotti del Comune di Fano.

L'identificativo della scheda è composto dal numero dell'elettrodotto seguito da un trattino e da un numero intero che rappresenta i vari quadranti in cui si sono suddivise le zone (ad esempio 719-2 rappresenta la scheda riferita al quadrante 2 dell'elettrodotto numero 719). Nel caso in cui una scheda comprenda più elettrodotti il suo identificativo è una stringa alfanumerica combinazione di numeri (di elettrodotti e di quadranti) e separatori (- oppure _).

L'identificativo della casa è una singola lettera maiuscola. Se in una scheda cadono più case si sono dati identificativi progressivi (A, B, C...).

La simbologia usata per i piani è stata la seguente: 0=piano terra, 1=primo piano, 2=secondo piano, 0/2=piano terra di una casa a due piani.

Per lo scopo del presente lavoro è stata utilizzata la seguente strumentazione:

- P.C. portatile Toshiba Intel-inside Pentium 4
- Cavo seriale per comunicazione dati sonda-PC
- n°6 Sonde Microrad HT 300
- Misuratore di campo magnetico EM-Field Analyzer EFA-3 Wandel & Goltermann con sonda esterna per la misura del campo elettrico E-Field Sensor
- Cavo in fibra ottica per il collegamento dei due precedenti dispositivi
- Cavalletto telescopico per E-Field Sensor
- Telemetro Laser Leica LRF 800
- Metro avvolgibile 50 metri (per stimare distanze significative ≤ 20 m)
- GPS Garmin III
- Fotocamera digitale Fujifilm 3,2 Mega Pixel Fine Pix A303

ELABORAZIONE DEI DATI

Per ciascuno dei periodi di 24 ore durante i quali erano in misura i rivelatori di campo magnetico sono stati richiesti al gestore della rete i valori di corrente in Ampere transitanti nel vicino l'elettrodotto.

Tutti i dati di corrente forniti sia dal gestore GRTN sia dall'ENEL sono di quarto d'ora in quarto d'ora. Ma, mentre per il primo gestore sono rappresentativi del quarto d'ora "a cavallo" dell'orario indicato, per l'ENEL si riferiscono al quarto d'ora precedente.

Pertanto alla fine della fase di campionamento i dati di induzione magnetica, trasferiti da ogni sonda su PC mediante il software MICRORAD HT 300, sono stati rielaborati calcolando il valore medio del vettore induzione magnetica relativo ad ogni quarto d'ora.

Per ogni punto di misura è stato pertanto possibile produrre un grafico riportante gli andamenti nel tempo della corrente fornitaci dal gestore e del valore di induzione magnetica rilevata. Per consentire un confronto più agevole si è riportato, invece dell'induzione magnetica misurata, un valore di induzione magnetica media normalizzata ("I_{norm}") così definito:

$$I_{norm} = \frac{B}{\frac{B_m}{I_m}}$$

dove

"B" indica il valore medio di induzione magnetica nel quarto d'ora in esame;

"B_m" indica il valore medio di induzione magnetica nelle ventiquattro ore;

"I_m" indica il valore medio di corrente nelle ventiquattro ore.

Un esempio è dato dal grafico di figura 3.

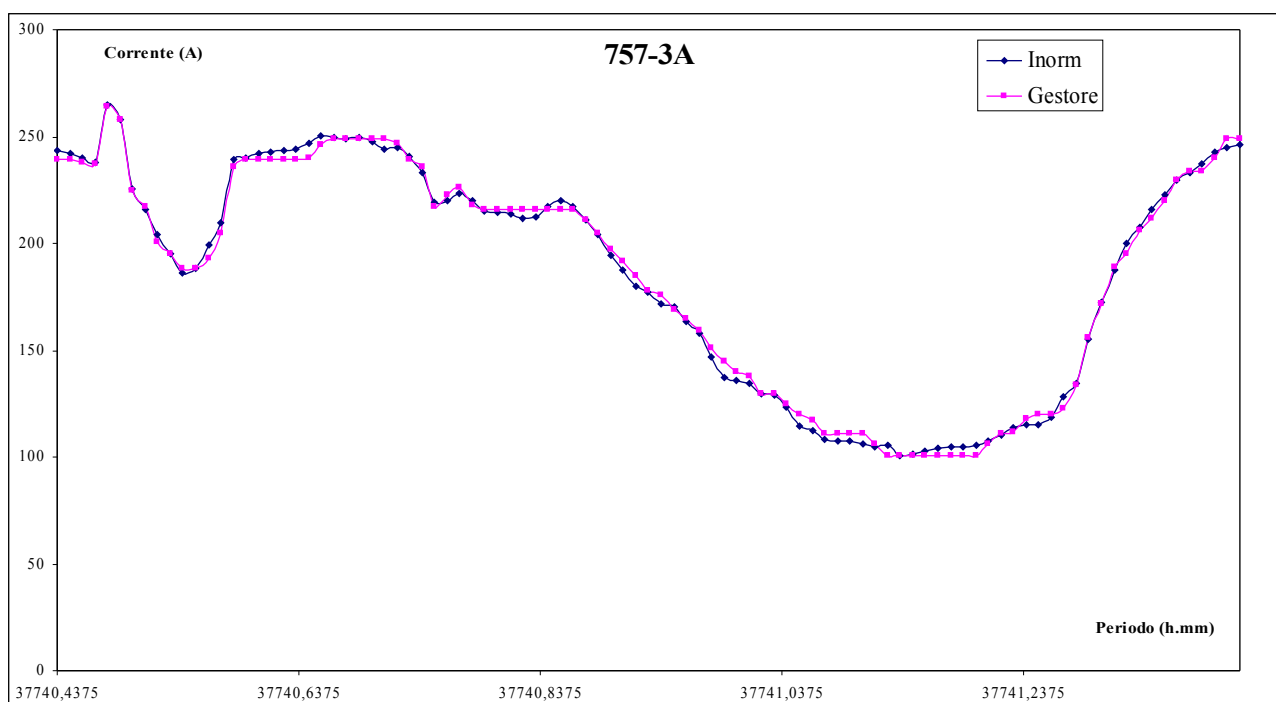


Figura 3: andamento nel tempo della corrente (“Gestore”) e valore di induzione magnetica media normalizzata (“ I_{norm} ”) per il punto A della scheda 3 dell’elettrodotto 757 FANO E.T.-FANO.

Tali tipi di grafici hanno consentito di dimostrare l’ottima corrispondenza fra l’andamento dell’induzione magnetica misurata e la relativa corrente di transito nell’elettrodotto. Il valore di correlazione medio è risultato pari al 94% (vedi Appendice 3).

Conoscendo il valore massimo, negli anni 2000, 2001 e 2002, della corrente media di transito nell’elettrodotto, per ogni punto misurato è stato possibile calcolare il valore di induzione magnetica media annuale B_{ma} tramite la relazione:

$$B_{ma} = \left(\frac{B_m}{I_m} \right) \cdot I_{ma \max}$$

dove

“ B_m ” indica il valore medio di induzione magnetica nelle ventiquattro ore;

“ I_m ” indica il valore medio di corrente nelle ventiquattro ore.

“ I_{mamax} ” indica il valore massimo, negli anni 2000 – 2001 – 2002, della corrente media annuale transitata nell’elettrodotto

Poiché per ogni punto misurato era stata anche rilevata la distanza fra questo e l’elettrodotto, è stato possibile tracciare un grafico dell’andamento dell’induzione magnetica in funzione della distanza dall’elettrodotto stesso.

Nelle conclusioni sono riportati tali grafici per quegli elettrodotti per i quali sono state eseguite misurazioni dell’induzione magnetica a varie distanza.

L’incertezza associata al valore dell’induzione magnetica è stata stimata pari a 0.02 μT , tenendo conto sia dell’incertezza intrinseca dello strumento di misura, pari a 0.01 μT , che dell’errore legato al valore di corrente di transito nell’elettrodotto.

L’incertezza associata al valore della distanza è stata stimata pari a 2 metri, tenuto conto sia dell’incertezza intrinseca del telemetro laser, pari a 1 metro, che dell’errore sistematico legato all’operatore.

Alcuni punti di misura erano influenzati dalla vicinanza di più di un elettrodotto. In questi casi è stato possibile stimare il contributo all’induzione magnetica dovuto a ciascun elettrodotto laddove se ne conosceva, tramite la procedura sopra descritta, l’andamento dell’induzione magnetica in funzione della distanza.

ANALISI DEGLI ELETTRODOTTI

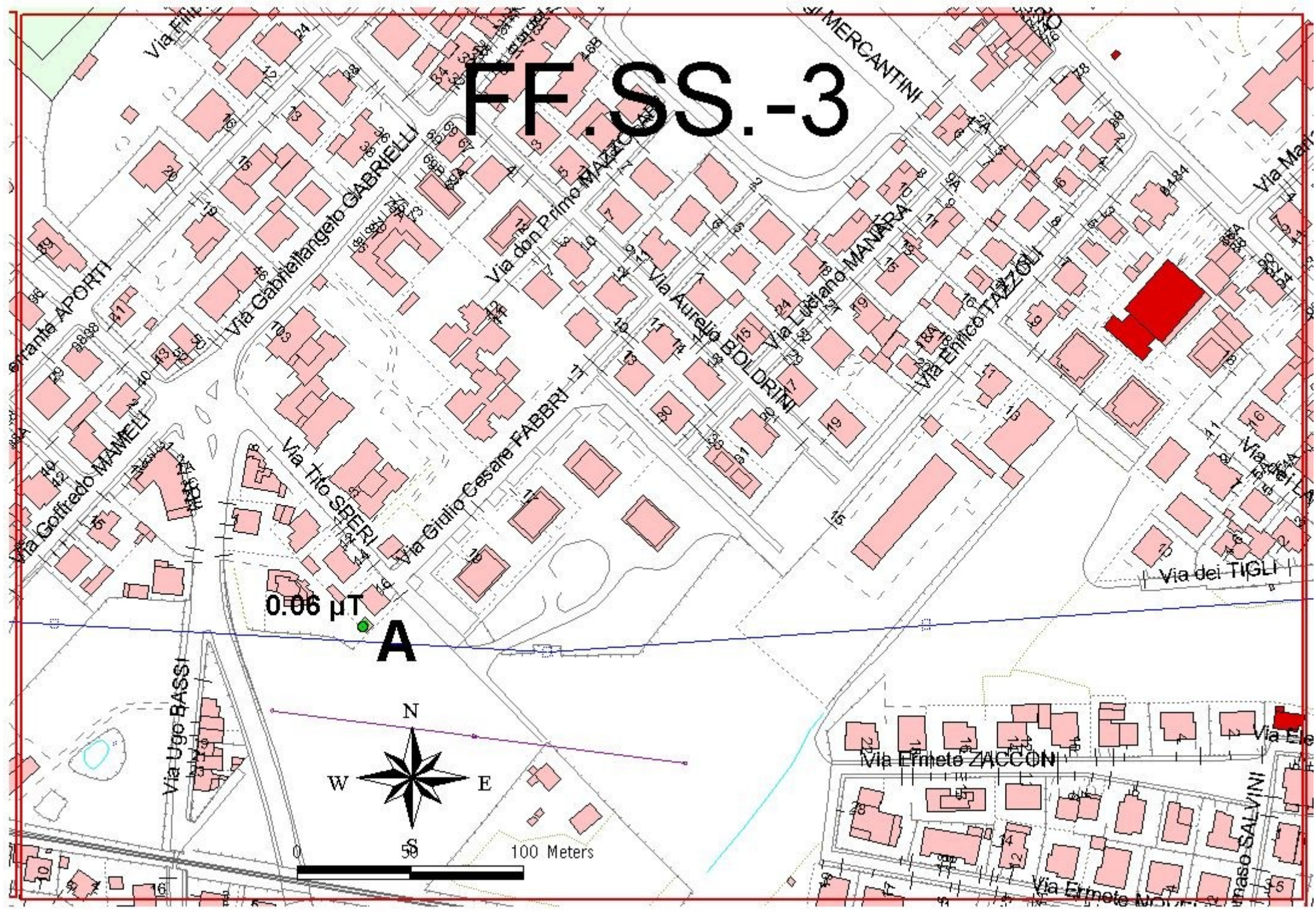
Per ciascun elettrodotto si sono analizzati i dati rilevati e valutata l’esposizione della popolazione a più di 0.2 μT laddove è possibile una permanenza superiore a 4 ore al giorno. I dati sulla popolazione ivi residente, suddivisi fra coloro che hanno una età inferiore o superiore a 12 anni, sono stati ottenuti direttamente dal Comune di Fano e integrati e verificati chiedendo direttamente tale informazione agli abitanti. L’età di 12 anni è stata scelta in relazione al fatto che l’effetto sanitario più rilevante che è

stato ipotizzato per i campi magnetici a bassa frequenza è la leucemia infantile (0-12 anni).

Elettrodotto FF.SS.

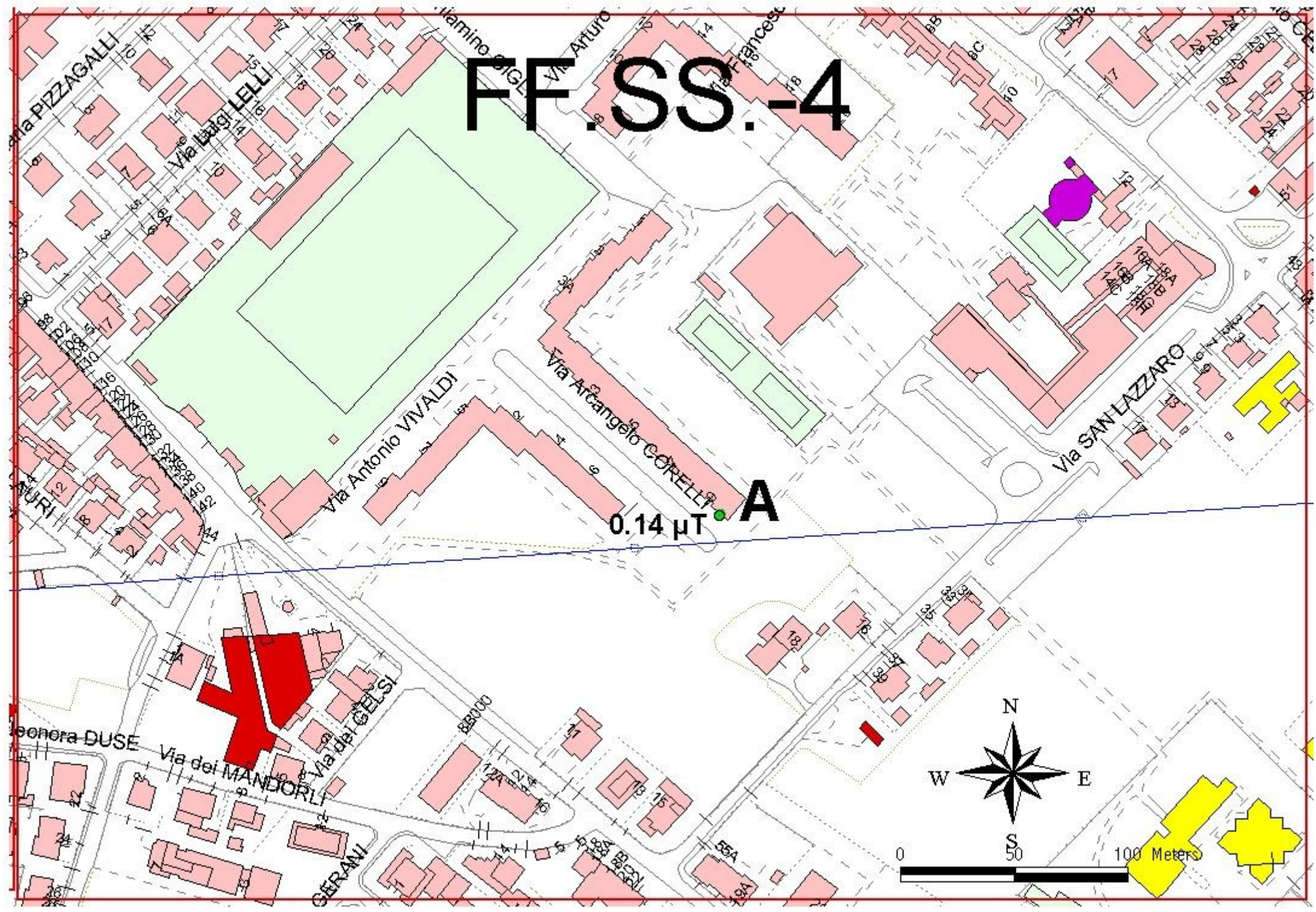
Le schede di riferimento in scala 1:2000 delle zone dove sono stati posizionati i rivelatori sono le FF.SS.-2, FF.SS.-3, FF.SS.-4 e FF.SS-5).

FF.SS.-3



FF.SS.-4

0.14 μ T **A**

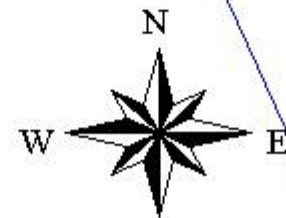


FF.SS.-5

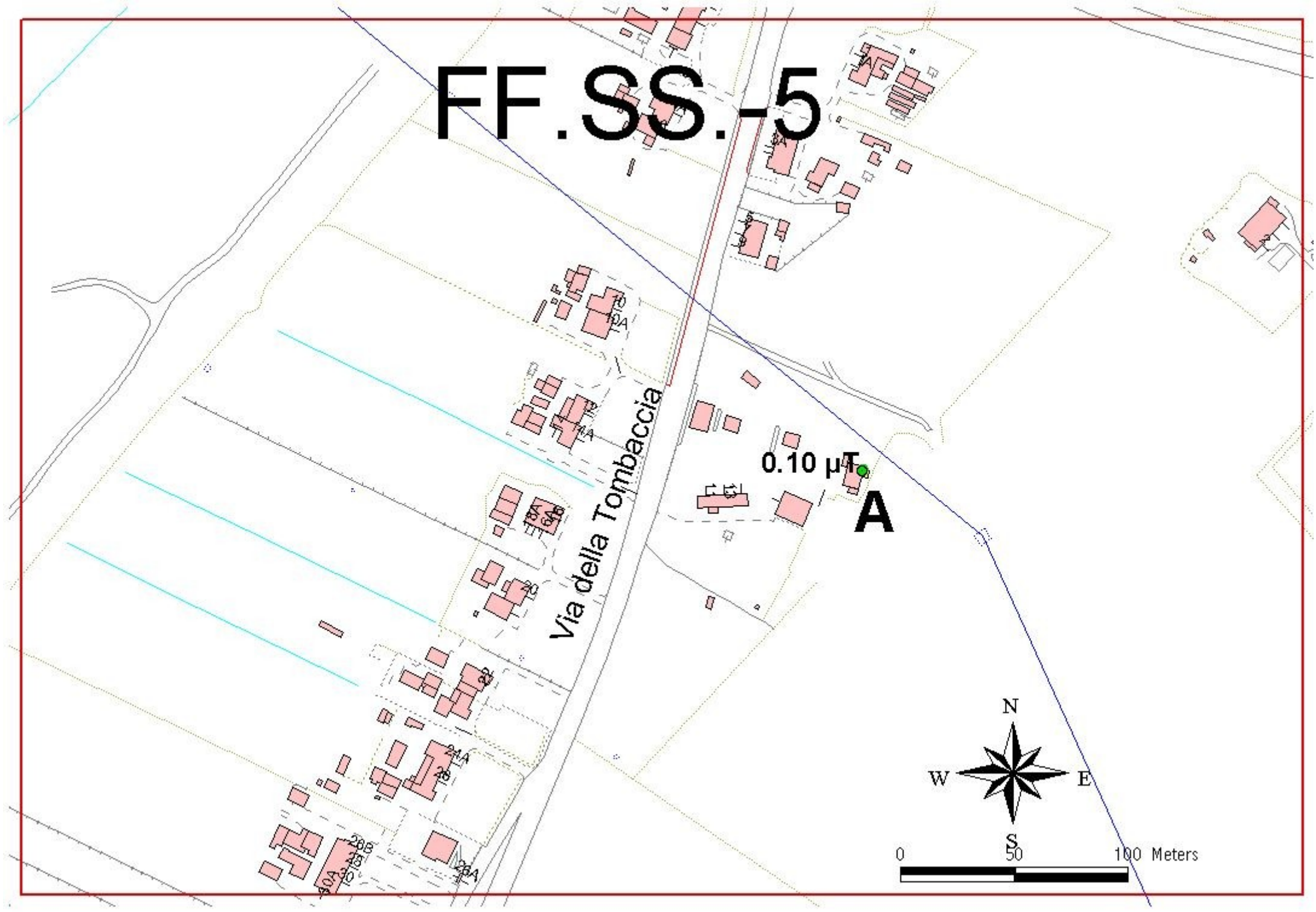
Via della Tombaccia

0.10 μT

A



0 50 100 Meters



Per questo elettrodotto, nel quale transita una corrente molto bassa, dal grafico di figura 4 si desume che l'induzione magnetica generata è di $0.2 \mu\text{T}$ per distanze inferiori a 7 metri. Poiché però in base all'art. 5 del D.P.C.M. 23/4/1992 per tale elettrodotto, che ha una tensione di 132 kV, la distanza minima da qualunque fabbricato o area accessibile deve essere superiore a 10 metri, si conclude che tale elettrodotto non provoca nessun superamento degli $0.2 \mu\text{T}$.

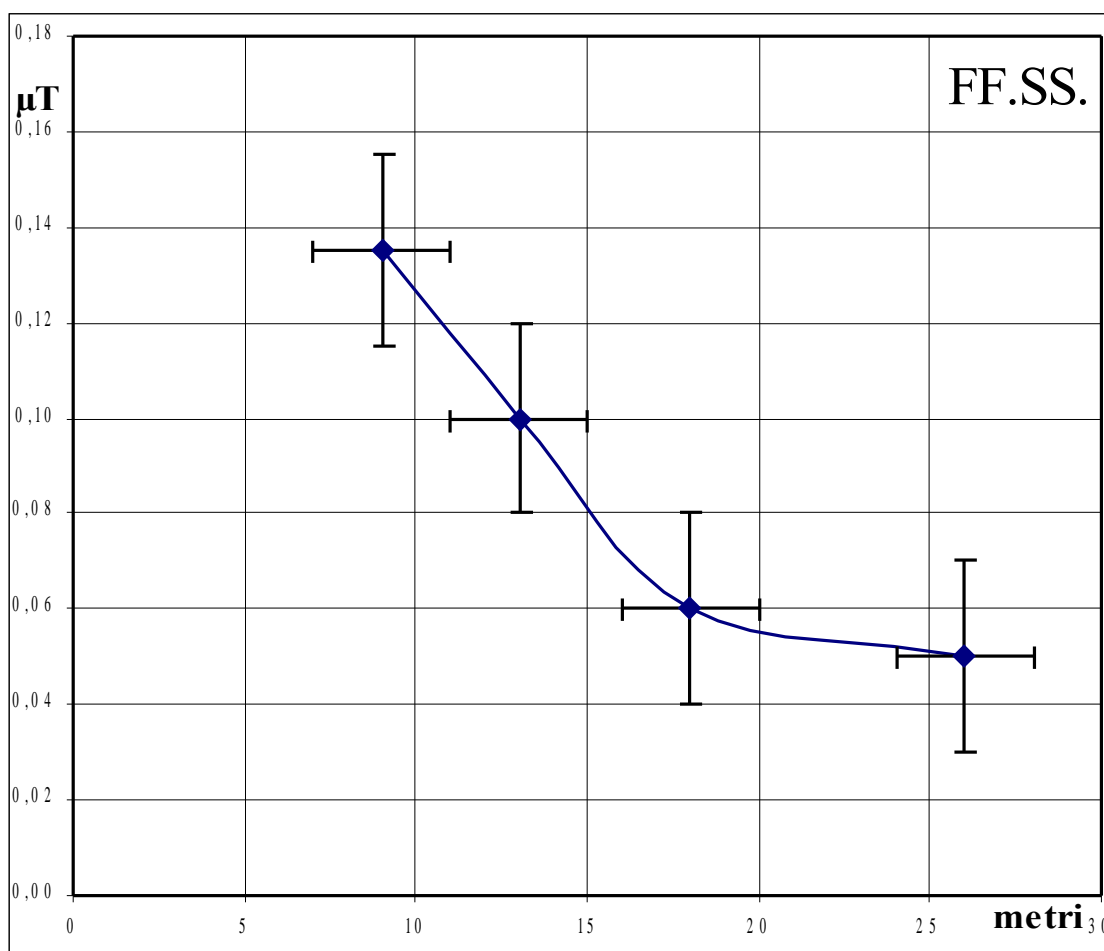


Figura 4: induzione magnetica in funzione della distanza dall'elettrodotto FF.SS.

d	B_{ma}	Punto
9	0.14	FF.SS.-4A
13	0.10	FF.SS.-5A
18	0.06	FF.SS.-3A
26	0.05	FF.SS.-2B

B_{ma}= induzione magnetica media nel periodo comune (12:45 del 10/6/2003 - 9:30 dell'11/6/2003).

Elettrodotto 701 FANO E.T. - FOSSOMBRONE

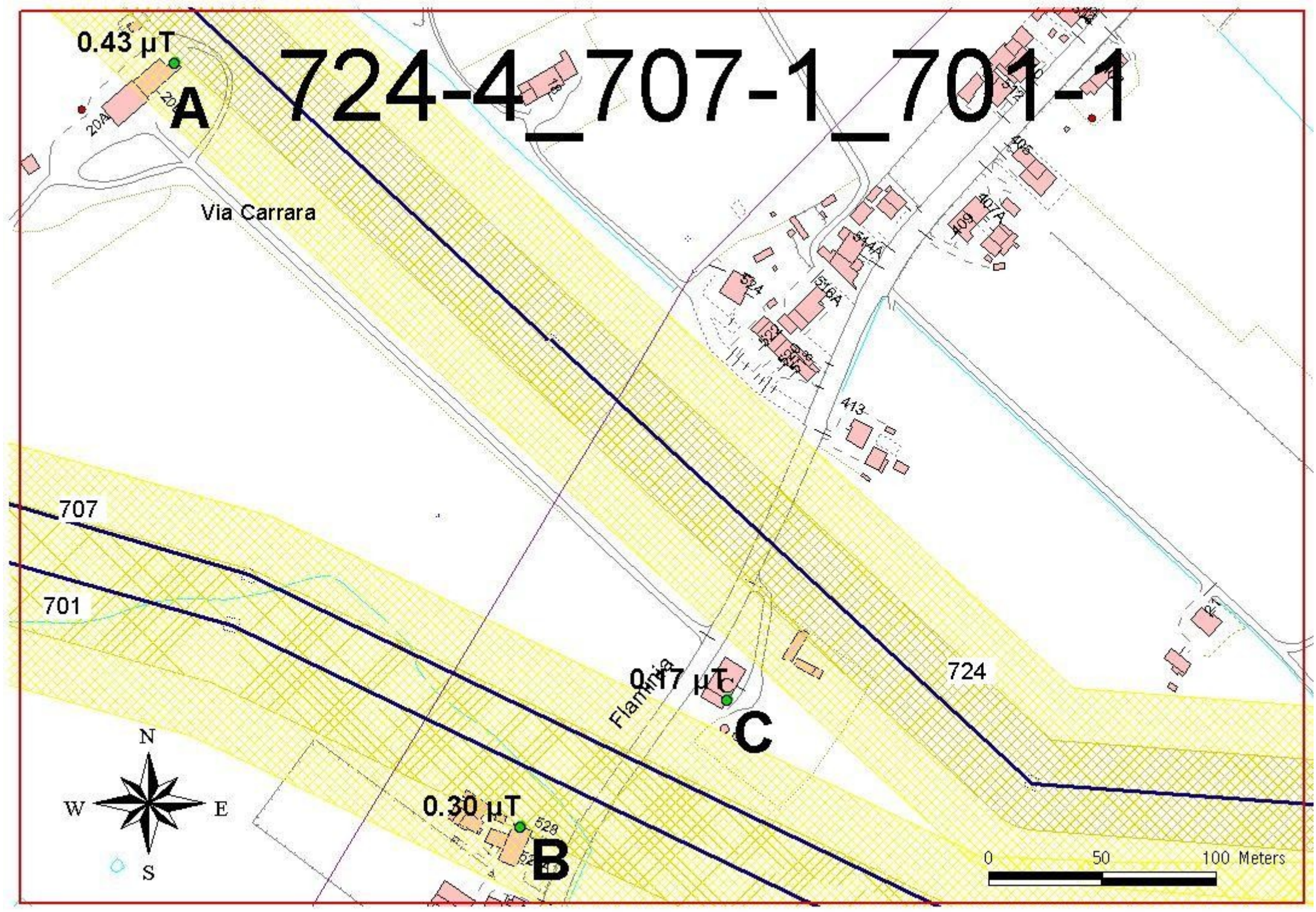
La scheda di riferimento in scala 1:2000 della zona dove è stato posizionato il rivelatore è la 724-4_707-1_701-1 punto B.

Per questo elettrodotto l'analisi iniziale aveva consentito di individuare una sola abitazione potenzialmente esposta a più di $0.2 \mu\text{T}$. Tale abitazione si trova a circa 27 metri dall'elettrodotto 701 e a circa 50 metri dall'elettrodotto 707. Valutando i contributi specifici di entrambi gli elettrodotti, si conclude che l'elettrodotto 701 produce un'induzione magnetica pari a $0.2 \mu\text{T}$ a circa 26 metri di distanza e $0.5 \mu\text{T}$ a circa 51 metri.

Il punto di misura B si trova a circa 27 metri dai cavi dell'elettrodotto ma a meno di 26 metri dalla proiezione a terra dell'asse dell'elettrodotto (vedi fotografia). Pertanto la relativa abitazione, pur essendo soggetta a circa $0.30 \mu\text{T}$, cade parzialmente entro la fascia superiore a $0.5 \mu\text{T}$.



724-4_707-1_701-1



Elettrodotto 707 FANO E.T. – S. COLOMBA

Per questo elettrodotto l'analisi iniziale aveva consentito di individuare due sole abitazioni potenzialmente esposte a più di 0.2 μT , la prima (scheda 724-4_707-1_701-1 punto B) a circa 50 metri dall'elettrodotto 707 e a circa 27 metri dall'elettrodotto 701, la seconda (scheda 724-4_707-1_701-1 punto C) a circa 50 metri dall'elettrodotto 707 e a circa 70 metri dall'elettrodotto 724. Valutando i contributi specifici di entrambi gli elettrodotti, si conclude che l'elettrodotto 707 a 50 metri produce circa 0.14 μT . Occorre quindi andare a non meno di 40 metri per ottenere un valore di 0.2 μT . Nessuna abitazione si trova entro la suddetta distanza.

Elettrodotto 724 FANO E.T. – MONTELABBATE

Le schede di riferimento in scala 1:2000 delle zone dove sono stati posizionati i rivelatori sono le 724-2, 724-3 e 724-4_707-1_701-1 punto B.

Per questo elettrodotto, dal grafico di figura 5 si desume che l'induzione magnetica generata è di 0.2 μT per distanze di circa 43 metri e 0.5 μT per distanze di circa 20 metri.

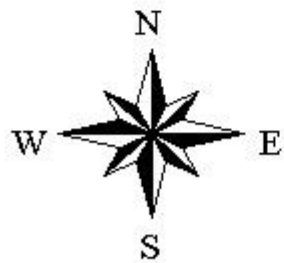
Le abitazioni e la popolazione esposta sono riportate nella tabella conclusiva.

724-2

Loc. Cannelle

0.15 μ T

A



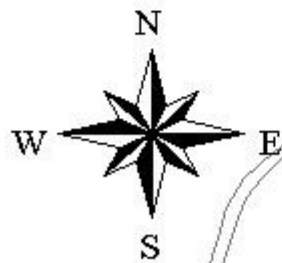
0 50 100 Meters

724-3

Loc. Cannelle

0.27 μT

A



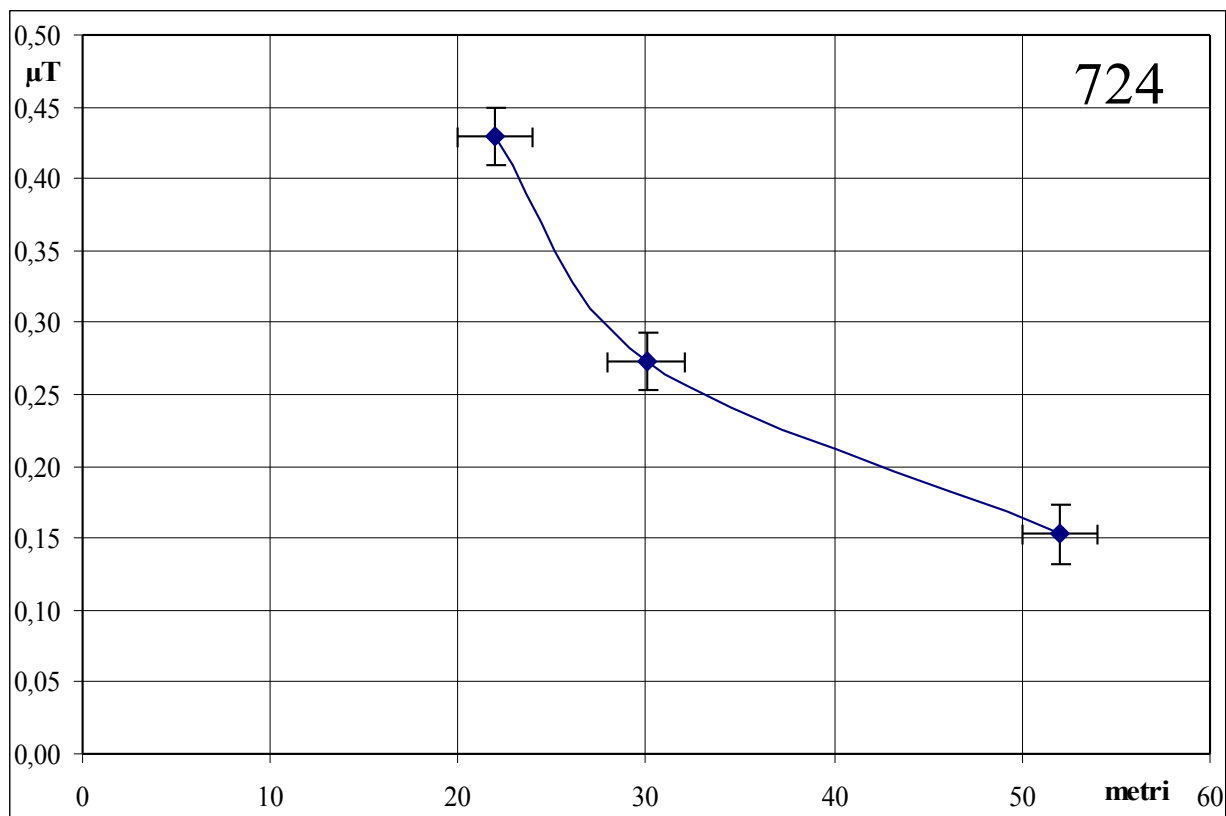


Figura 5: induzione magnetica in funzione della distanza dall'elettrodotto 724.

d	B_{ma}	Punto
22	0.43	724-4A
30	0.27	724-3A
52	0.15	724-2A

Elettrodotto 717 FANO -S.VENERANDA

Le schede di riferimento in scala 1:2000 delle zone dove sono stati posizionati i rivelatori sono le 717-2 punti A, B e C, 717-3 e 717-7.

Per questo elettrodotto, dal grafico di figura 6 si desume che l'induzione magnetica generata è di 0.2 μT per distanze di circa 29 metri e 0.5 μT per distanze di circa 23 metri. Le abitazioni e la popolazione esposta sono riportate nella tabella conclusiva.

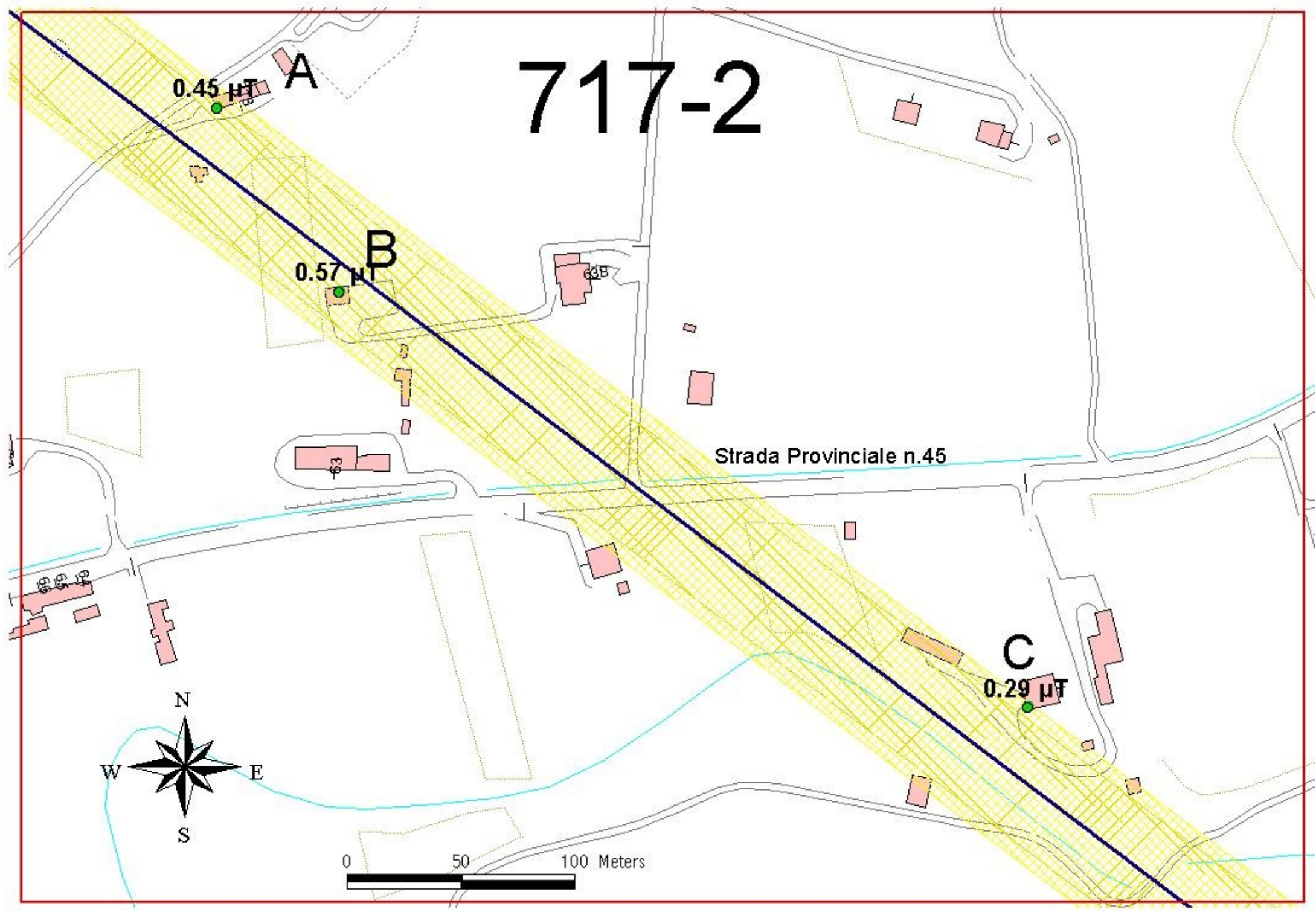
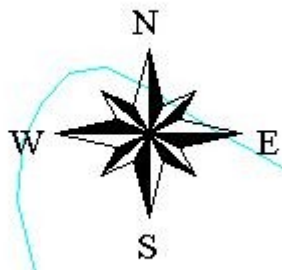
717-2

0.45 μT A

0.57 μT B

0.29 μT C

Strada Provinciale n.45



717-7

0.18 μ T A

0.13 μ T B

Via L. Centinarola

Via Fanella

Via MONTE SANTO

Via SOLFERINO

Via del CORSO
Via MONFALCONE
Via SAN MARTINO

Via VOLTURNO

Via PASUBIO



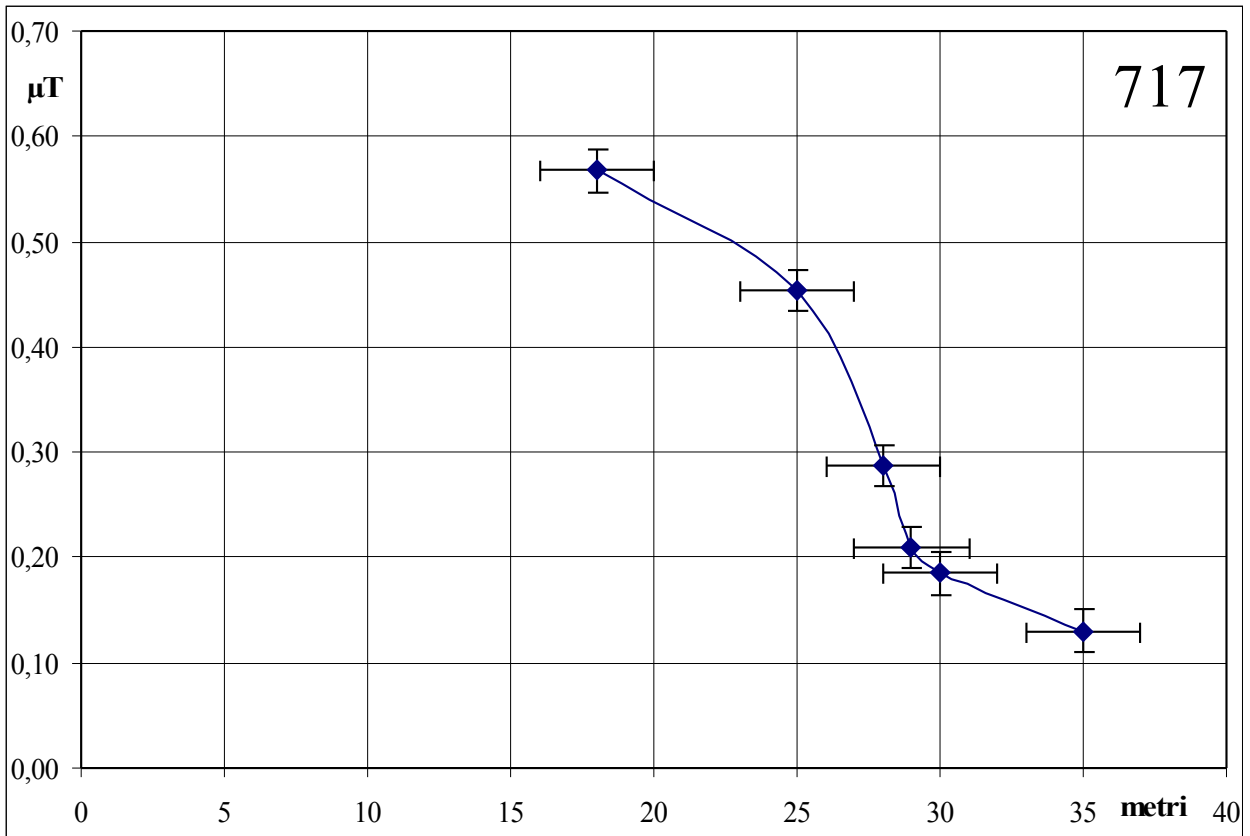
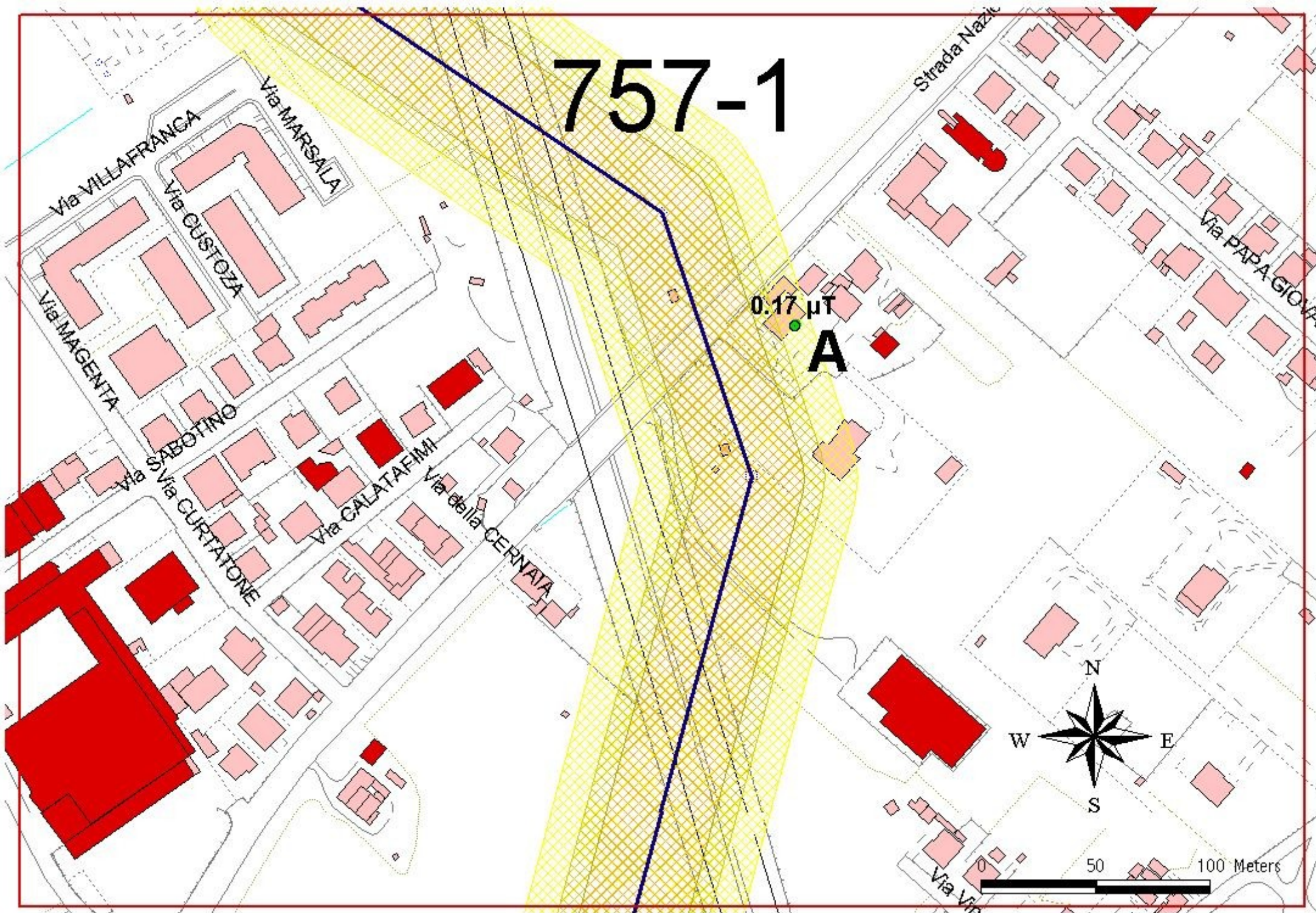


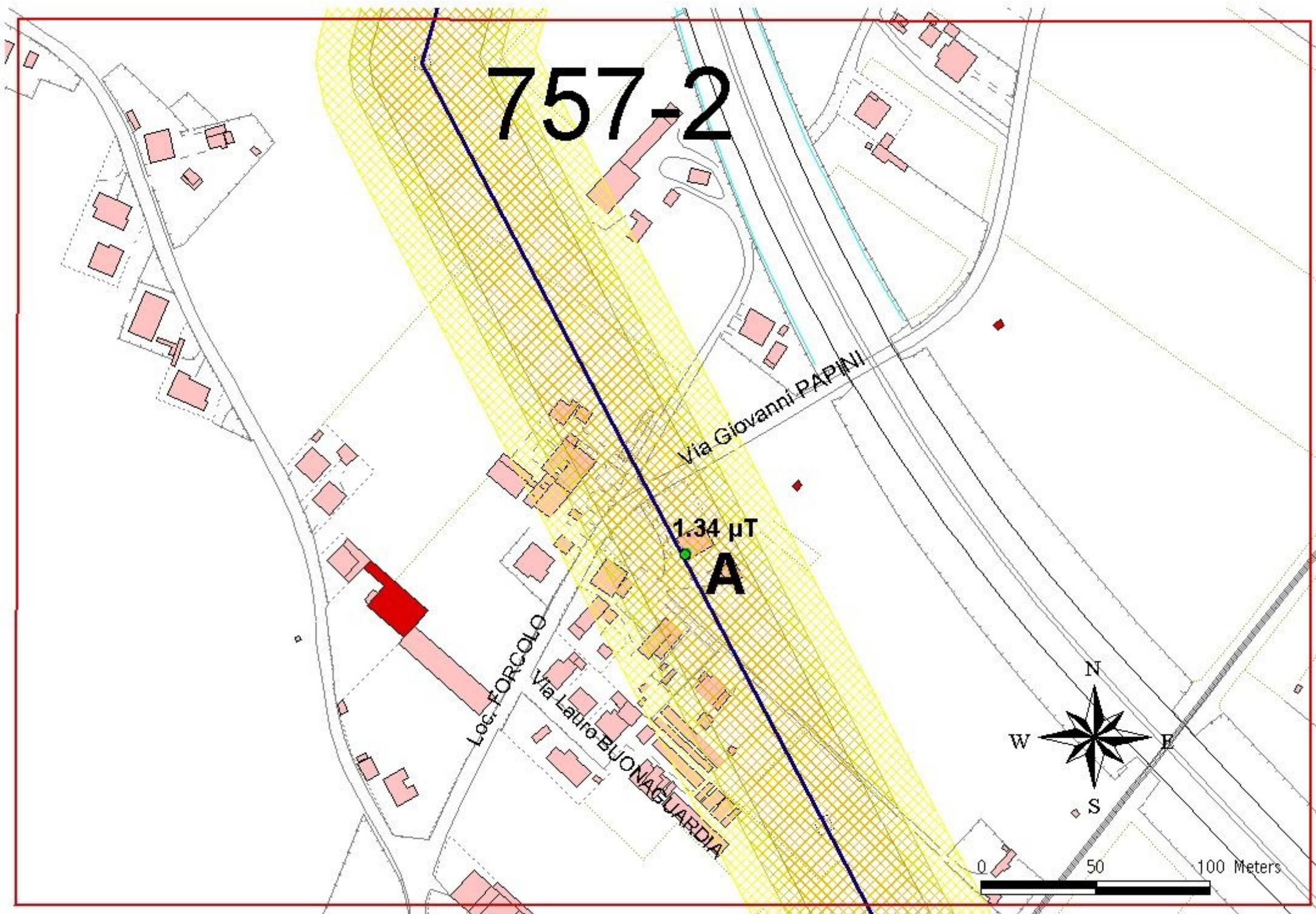
Figura 6: induzione magnetica in funzione della distanza dall'elettrodotto 717.

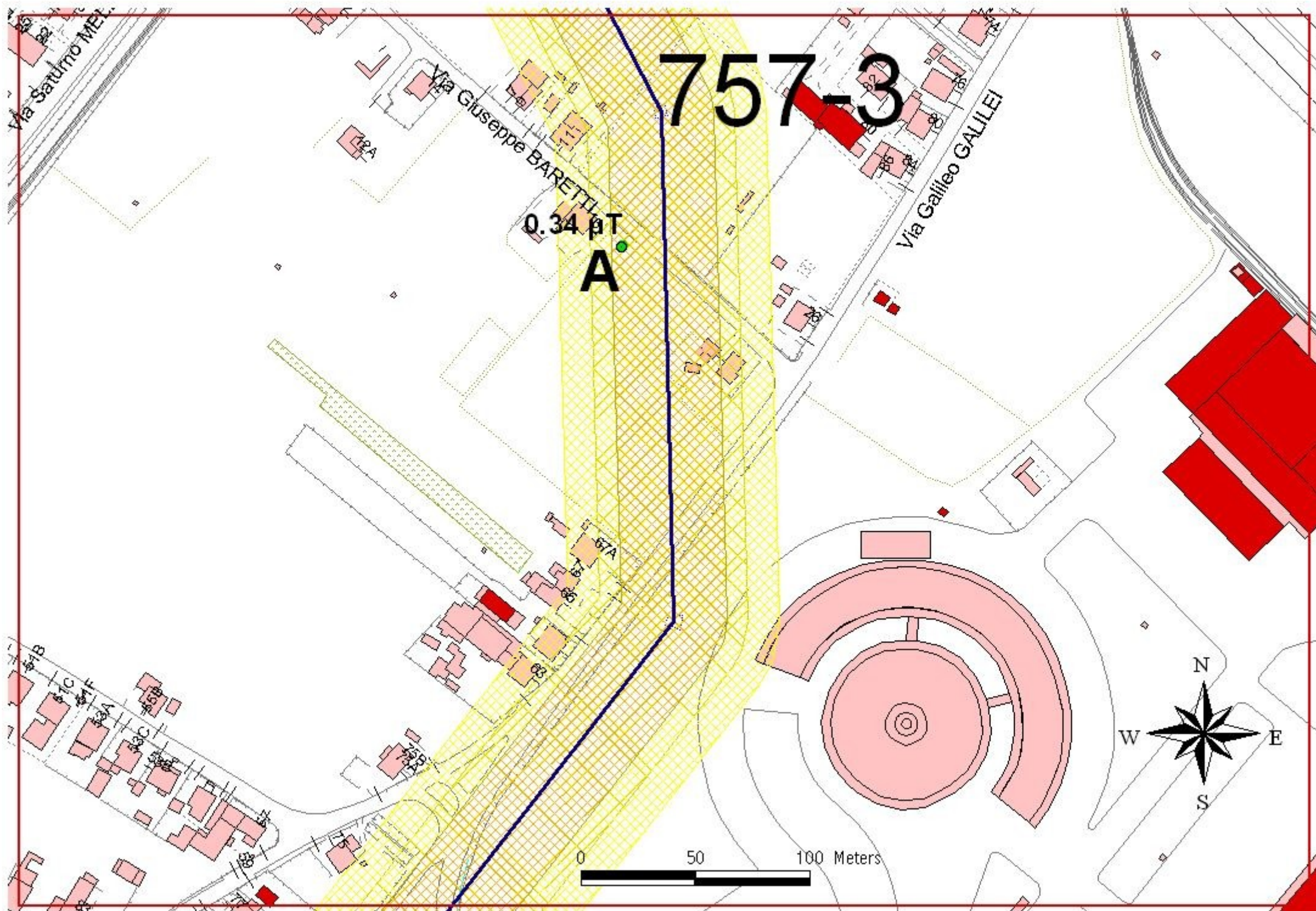
d	B_{ma}	Punto
18	0.57	717-2B
25	0.45	717-2A
28	0.29	717-2C
29	0.21	717-3A
30	0.18	717-7A
35	0.13	717-7B

Elettrodotto 757 FANO E.T. - FANO

Le schede di riferimento in scala 1:2000 delle zone dove sono stati posizionati i rivelatori sono le 757-1, 757-2, 757-3, 757-4, 718-2_757-5, 718-4_757-7, 718-5_757-8, 718-6_757-9 e 336-1_718-7_757-10. Le immagini di queste ultime 5 schede sono riportate e discusse nei paragrafi 'Tratto comune degli elettrodotti 718 e 757' e 'Incrocio elettrodotti 336, 718 e 757'.



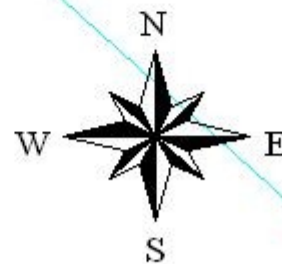




757-4

Loc.Rosciano

0.13 μ T **A**



0 50 100 Meters

A horizontal scale bar with three segments. The first segment is labeled '0', the second '50', and the third '100 Meters'.

Valutando solamente i tratti dell'elettrodotto 757 non influenzato dalla presenza di altri elettrodotti, si è ottenuta la figura 7 dalla quale si conclude che l'elettrodotto 757 a circa 46 metri produce 0.20 μT , a circa 32 metri 0.5 μT e a circa 23 metri 1.0 μT .

Le abitazioni e la popolazione esposta sono riportate nella tabella conclusiva.

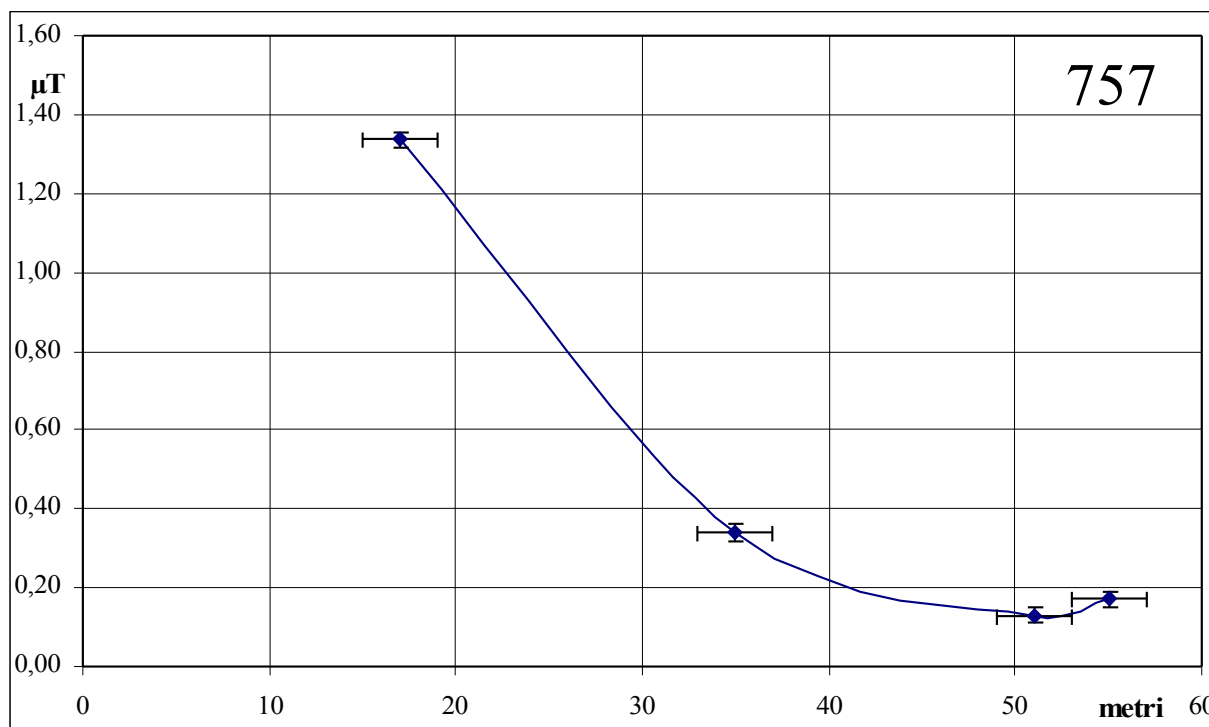


Figura 7: induzione magnetica in funzione della distanza dall'elettrodotto 757.

d	B_{ma}	Punto
17	1.34	757-2A
35	0.34	757-3A
51	0.13	757-4A
55	0.17	757-1A

Elettrodotto 718 FANO E.T. – FANO Z.I.

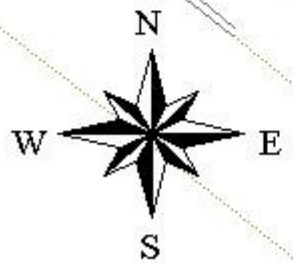
Le schede di riferimento in scala 1:2000 delle zone dove sono stati posizionati i rivelatori sono le 718-1, 718-2_757-5, 718-4_757-7, 718-5_757-8, 718-6_757-9 e 336-1_718-7_757-10. Di seguito viene trattata la scheda 718-1, mentre le altre sono riportate e discusse nei paragrafi 'Tratto comune degli elettrodotti 718 e 757' e 'Incrocio elettrodotti 336, 718 e 757'.

718-1

0.69 μT

A

Via VI STRADA



0 50 100 Meters

Valutando i contributi specifici di entrambi gli elettrodotti (718 e 757), si conclude che l'elettrodotto 718 a circa 50 metri produce $0.20 \mu\text{T}$ e a circa 25 metri $0.5 \mu\text{T}$.

Le abitazioni e la popolazione esposta sono riportate nella tabella conclusiva.

Elettrodotto 719 FANO Z.I. - MONDOLFO

Le schede di riferimento in scala 1:2000 delle zone dove sono stati posizionati i rivelatori sono le 718-0_719-2 e 719-1.

Per questo elettrodotto si desume che a 40 metri l'induzione magnetica è pari a circa $0.25 \mu\text{T}$. Per scendere sotto $0.2 \mu\text{T}$ occorre andare ad almeno 46 metri mentre a circa 20 metri si hanno $0.5 \mu\text{T}$.

Non vi sono abitazioni entro la fascia dei 46 metri ma solamente alcuni luoghi dove lavorano complessivamente un centinaio di persone.

Il punto di misura A della scheda 719-1 si trova a circa 40 metri dai cavi dell'elettrodotto ma a circa 13 metri dalla proiezione a terra dell'asse dell'elettrodotto. Pertanto il relativo capannone, pur essendo soggetto a circa $0.25 \mu\text{T}$, cade parzialmente entro la fascia superiore a $0.5 \mu\text{T}$.

718-0_719-2

718

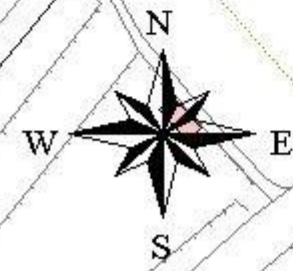
0.09 μ T

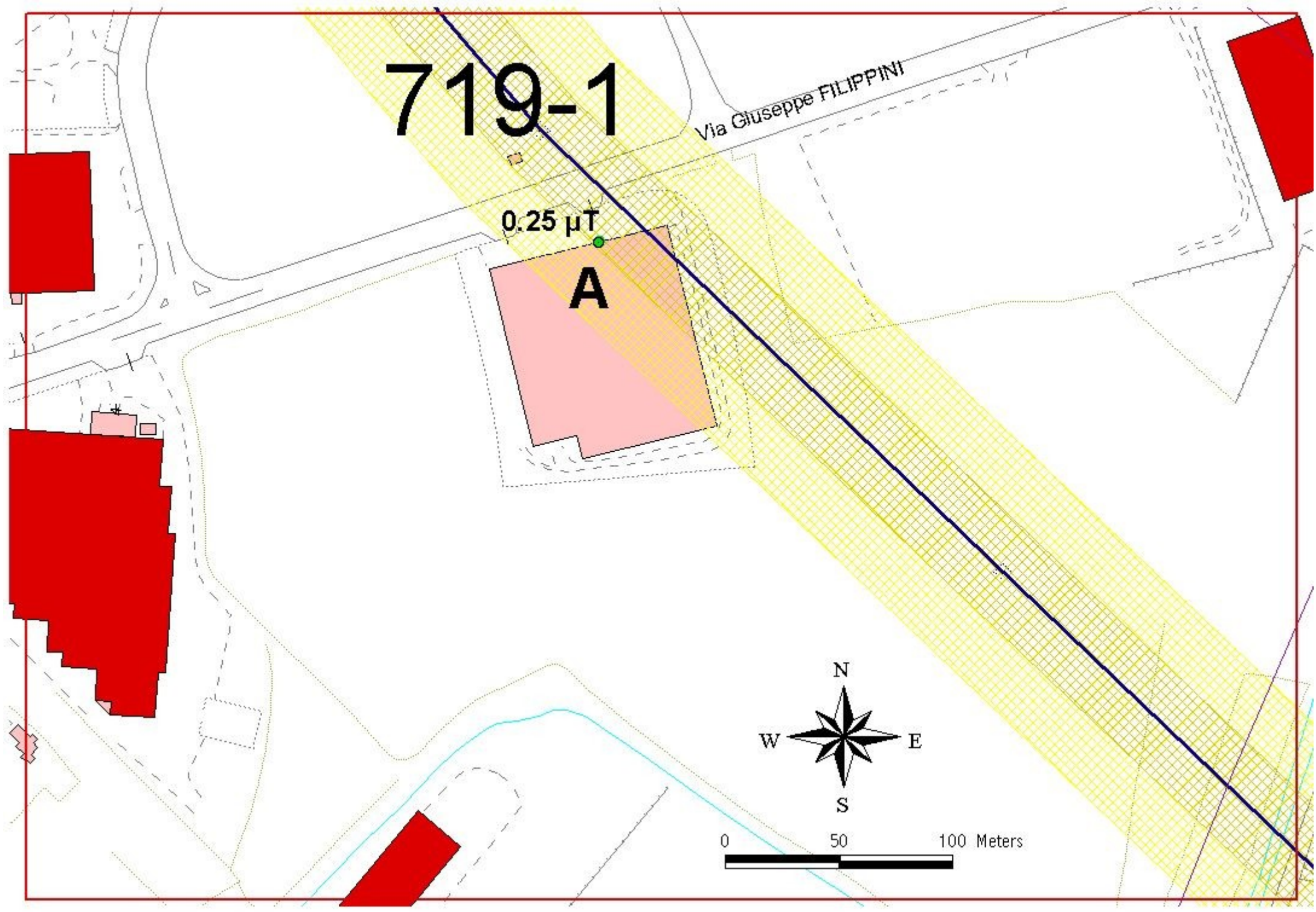
A

Via Einaudi

719

Via Giuseppe T...





Elettrodotto 756 FANO E.T. - SALTARA

Non vi sono abitazioni né luoghi con permanenze superiori a 4 ore al giorno entro la fascia entro cui il valore di induzione magnetica media annuale è superiori a 0.2 μ T.

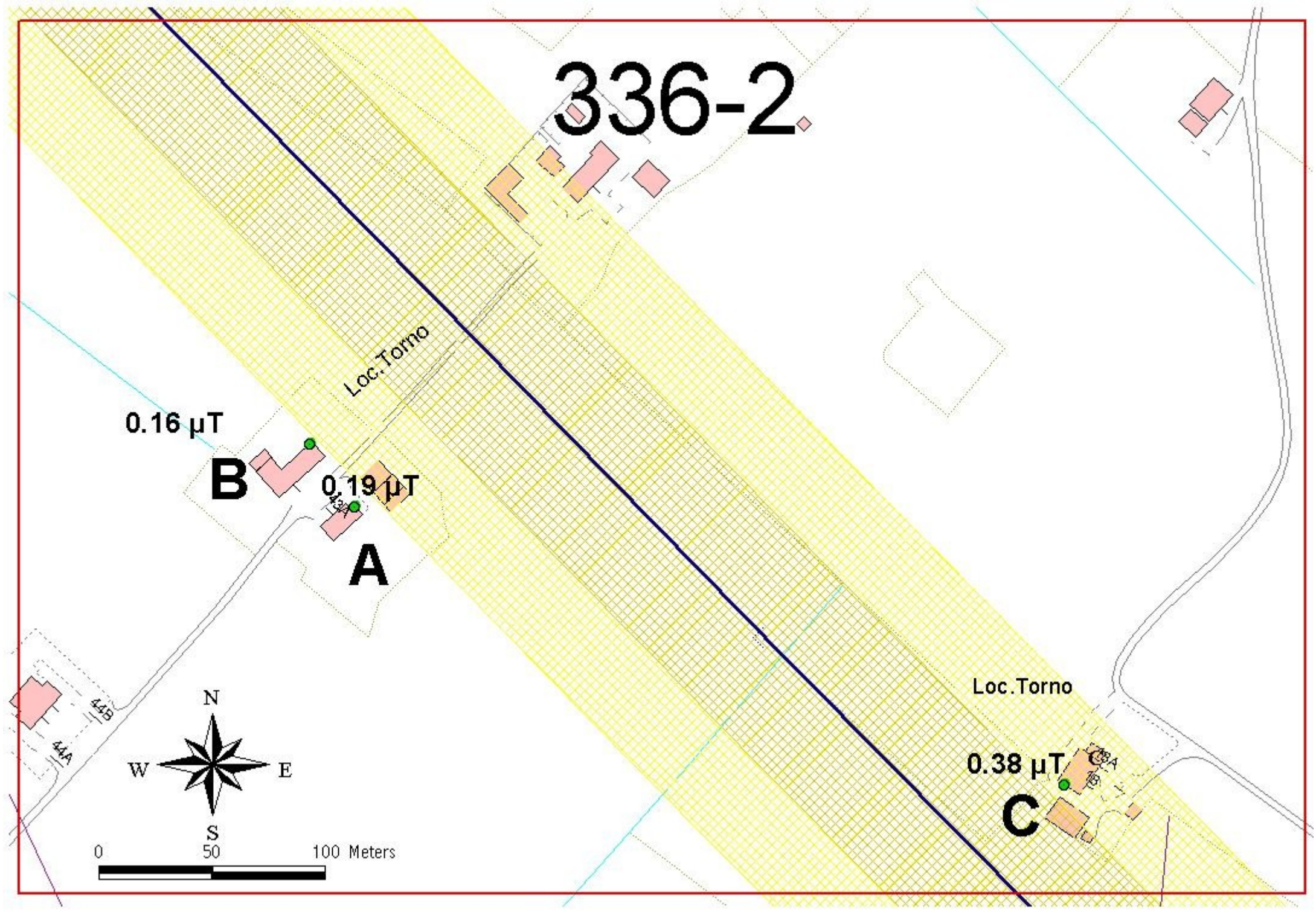
Elettrodotto 336 FANO E.T. - CANDIA

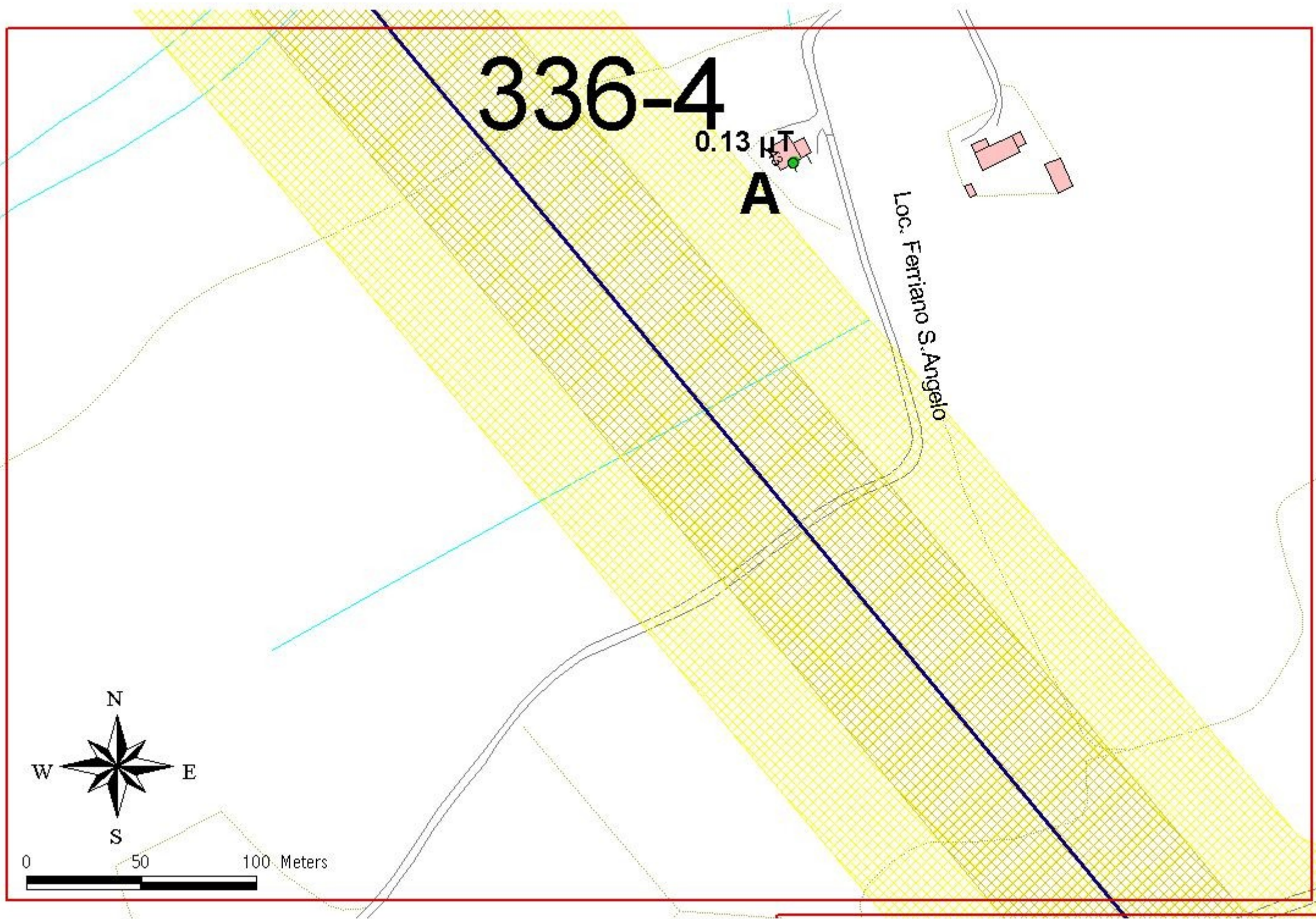
Le schede di riferimento in scala 1:2000 delle zone dove sono stati posizionati i rivelatori sono le 336-2, 336-4, 336-5, 336-6 e 336-1_718-7_757-10.

Valutando solamente i tratti dell'elettrodotto 336 non influenzato dalla presenza di altri elettrodotti, si è ottenuta la figura 8 dalla quale si conclude che l'elettrodotto 336 a circa 80 metri produce 0.2 μ T e a circa 41 metri 0.5 μ T.

Le abitazioni e la popolazione esposta sono riportate nella tabella conclusiva.

336-2.

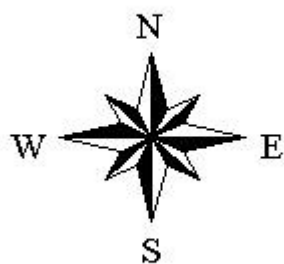




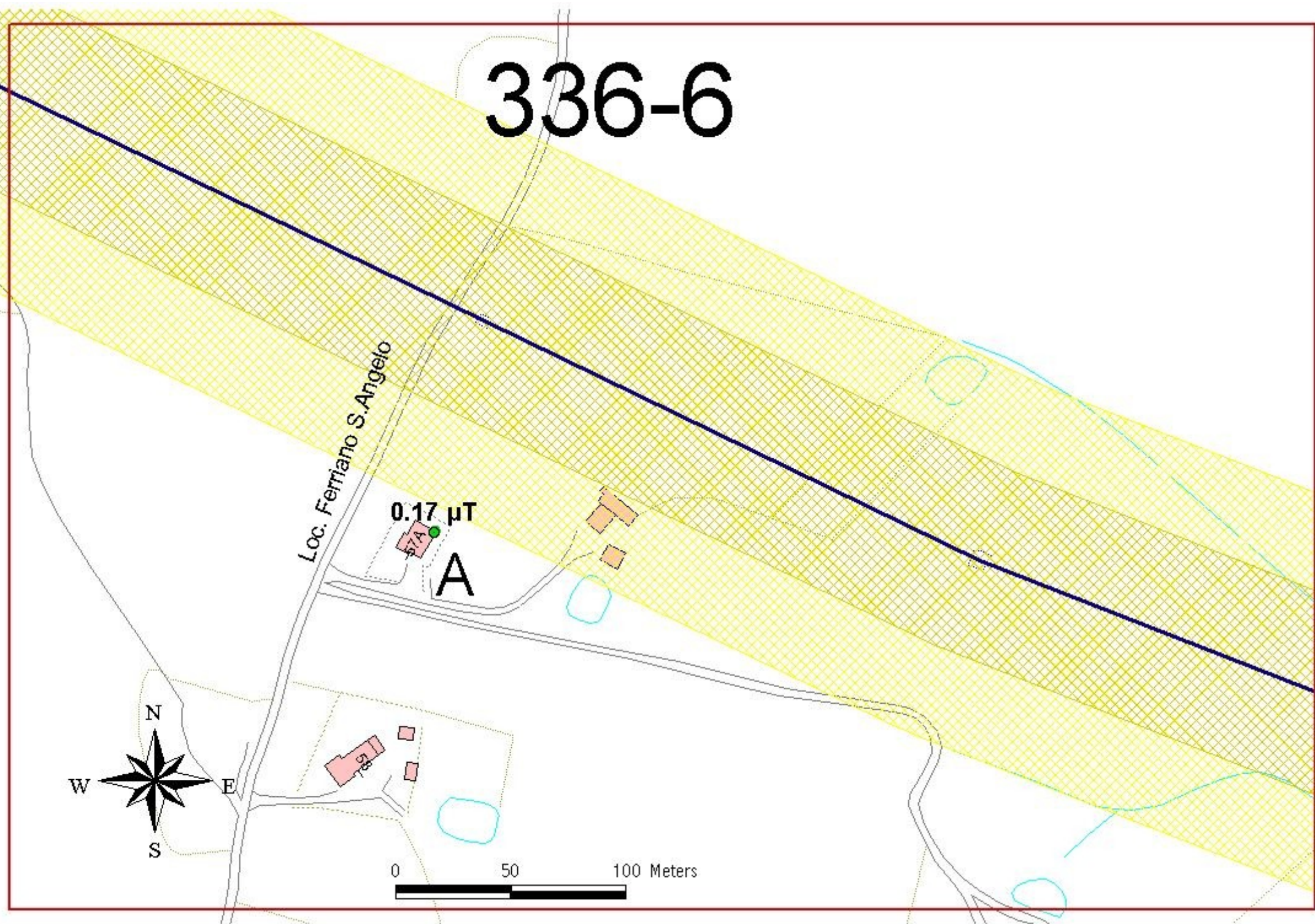
Loc. Ferriano S. Angelo 0.55 μT

A

336-5



336-6



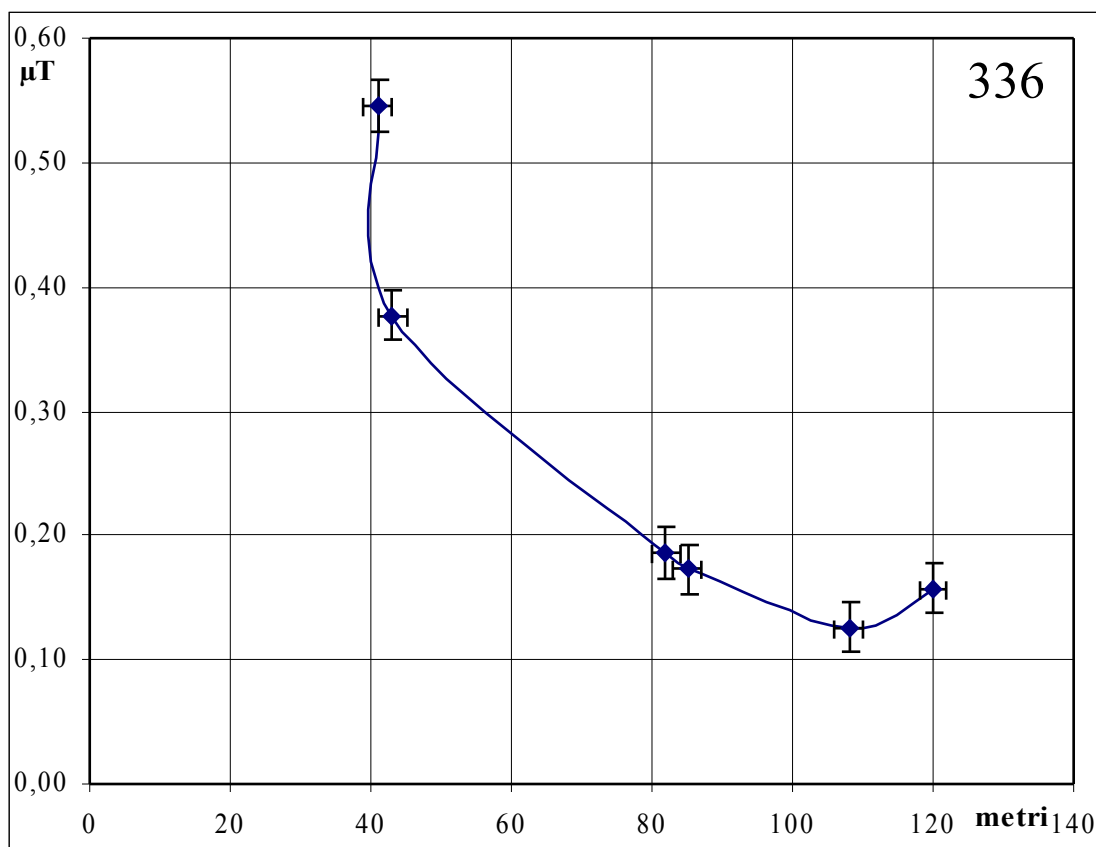


Figura 8: induzione magnetica in funzione della distanza dall'elettrodotto 336.

d	B_{ma}	Punto
41	0.55	336-5A
43	0.38	336-2C
82	0.19	336-2A
85	0.17	336-6A
108	0.13	336-4A
120	0.16	336-2B

Elettrodotto 335 FANO E.T. – S. MARTINO 1

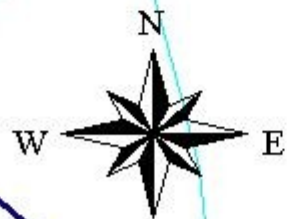
Le schede di riferimento in scala 1:2000 delle zone dove sono stati posizionati i rivelatori sono le 335-1 e 335-3.

Per questo elettrodotto, dal grafico di figura 9 si desume che l'induzione magnetica generata è di 0.2 μT per distanze di circa 70 metri e 0.5 μT per distanze di circa 30 metri. Non vi sono persone che stazionano per più di 4 ore al giorno entro le suddette fasce.

335-1

0.30 μ T
Loc. S. Cesareo **A**

38



0 50 100 Meters

A horizontal scale bar with three segments. The first segment is labeled '0', the second '50', and the third '100 Meters'.

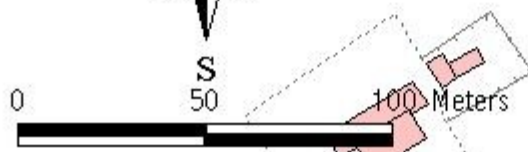
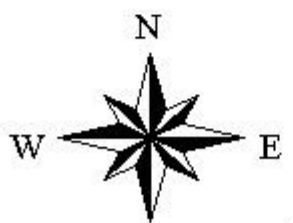
CARRARA

335-3

0.44 μT
A

0.21 μT
B

Strada Nazionale
Laminia



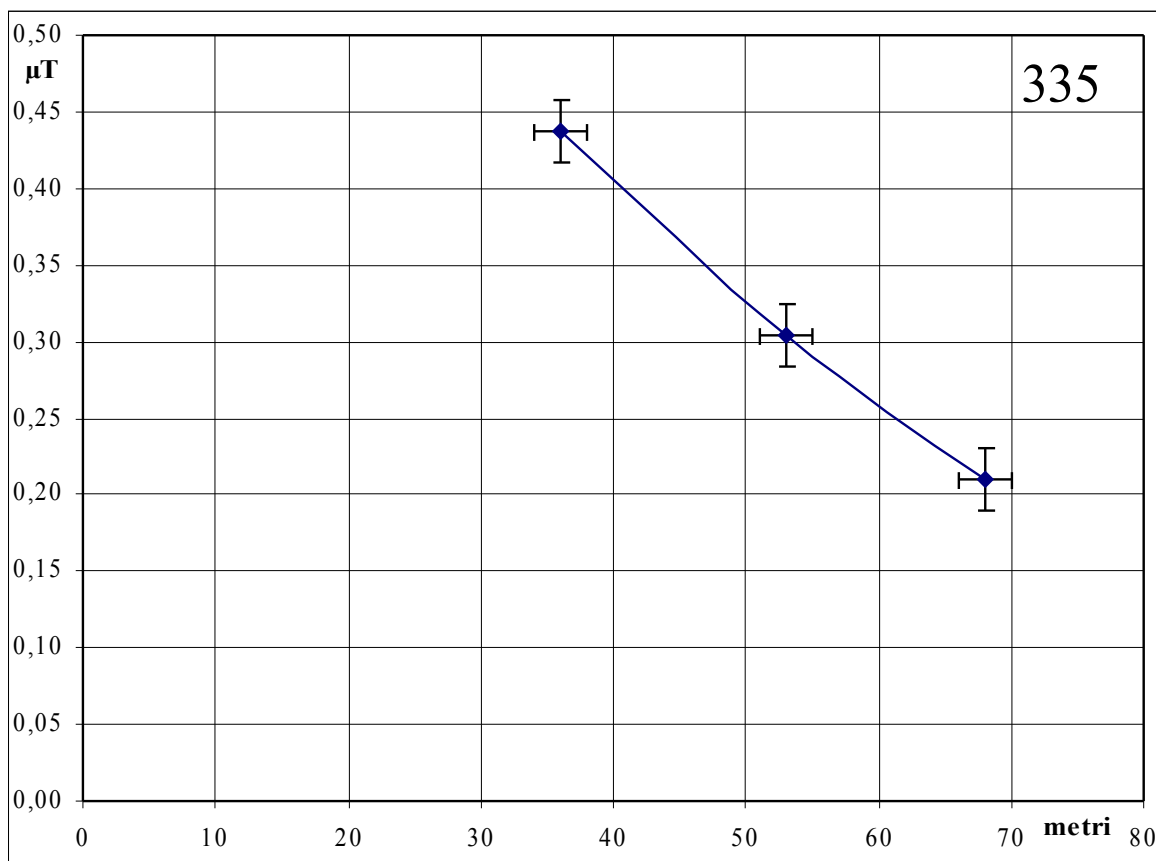


Figura 9: induzione magnetica in funzione della distanza dall'elettrodotto 335.

d	B_{ma}	Punto
36	0.44	335-3A
53	0.30	335-1A
68	0.21	335-3B

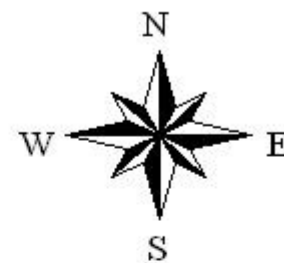
Elettrodotto 350 FANO E.T. – FORLÌ 2

Le schede di riferimento in scala 1:2000 delle zone dove sono stati posizionati i rivelatori sono le 350-1, 350-2, 350-3, 350-4 e 350-6.

Per questo elettrodotto, dal grafico di figura 10 si desume che l'induzione magnetica generata è di 0.2 μT per distanze di circa 70 metri e 0.5 μT per distanze di circa 44 metri.

Le abitazioni e la popolazione esposta sono riportate nella tabella conclusiva.

350-1



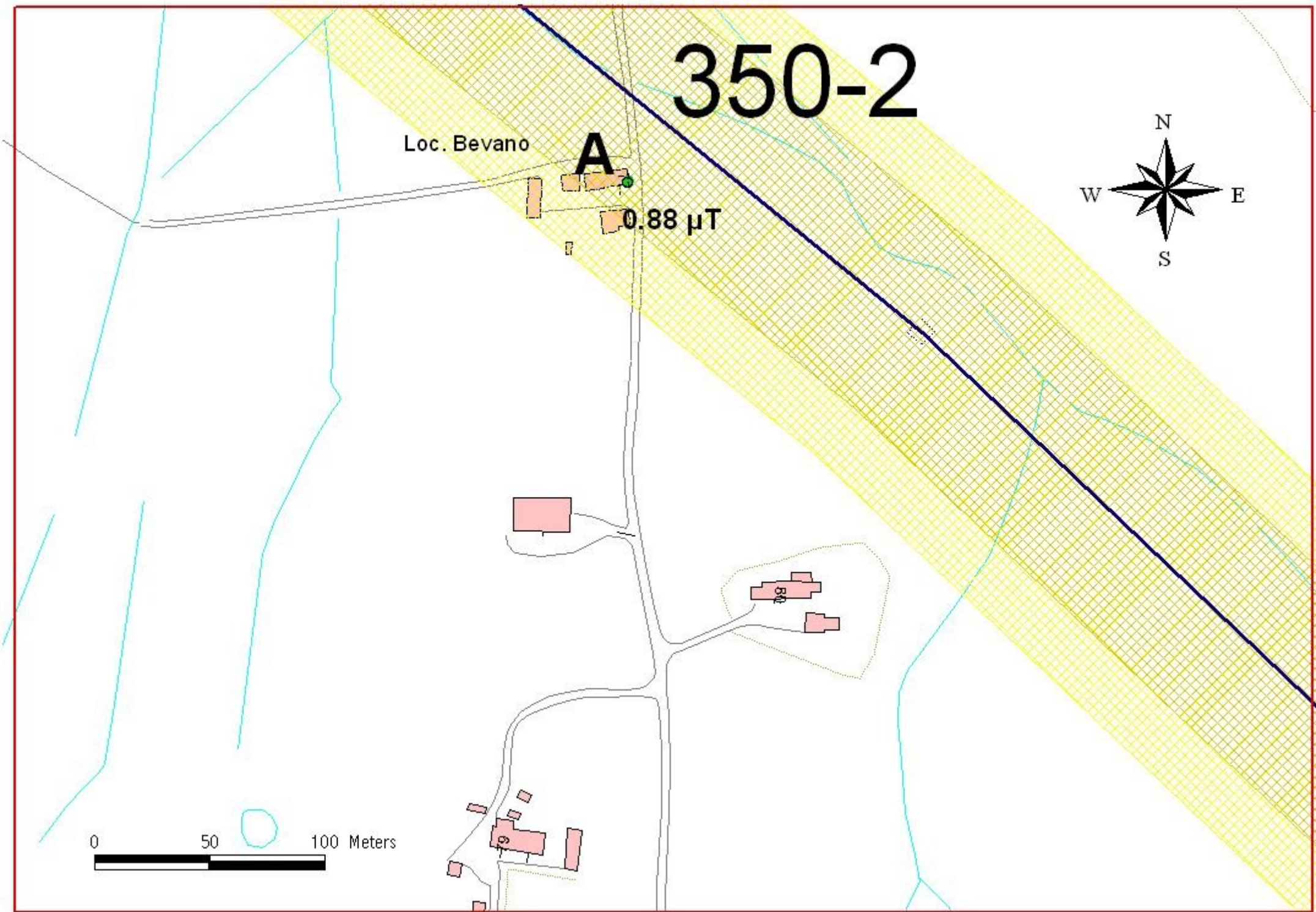
Loc. Bevano

0.69 μT

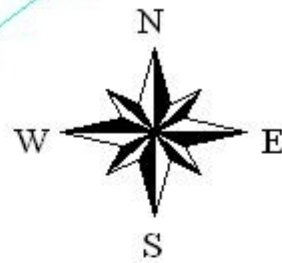
A

0 50 100 Meters





350-3

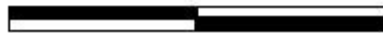


Via Beltrame

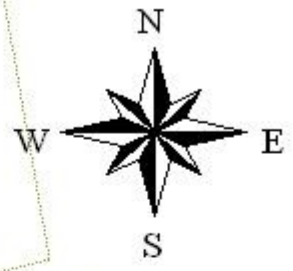
0.34 μT

A

0 50 100 Meters



350-4



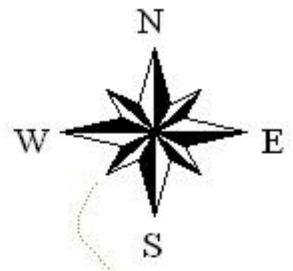
A

0.41 μ T

Loc. S. Cesareo

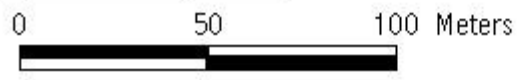


350-6



0.84 μT 0.30 μT
A **B**

Via Carrara



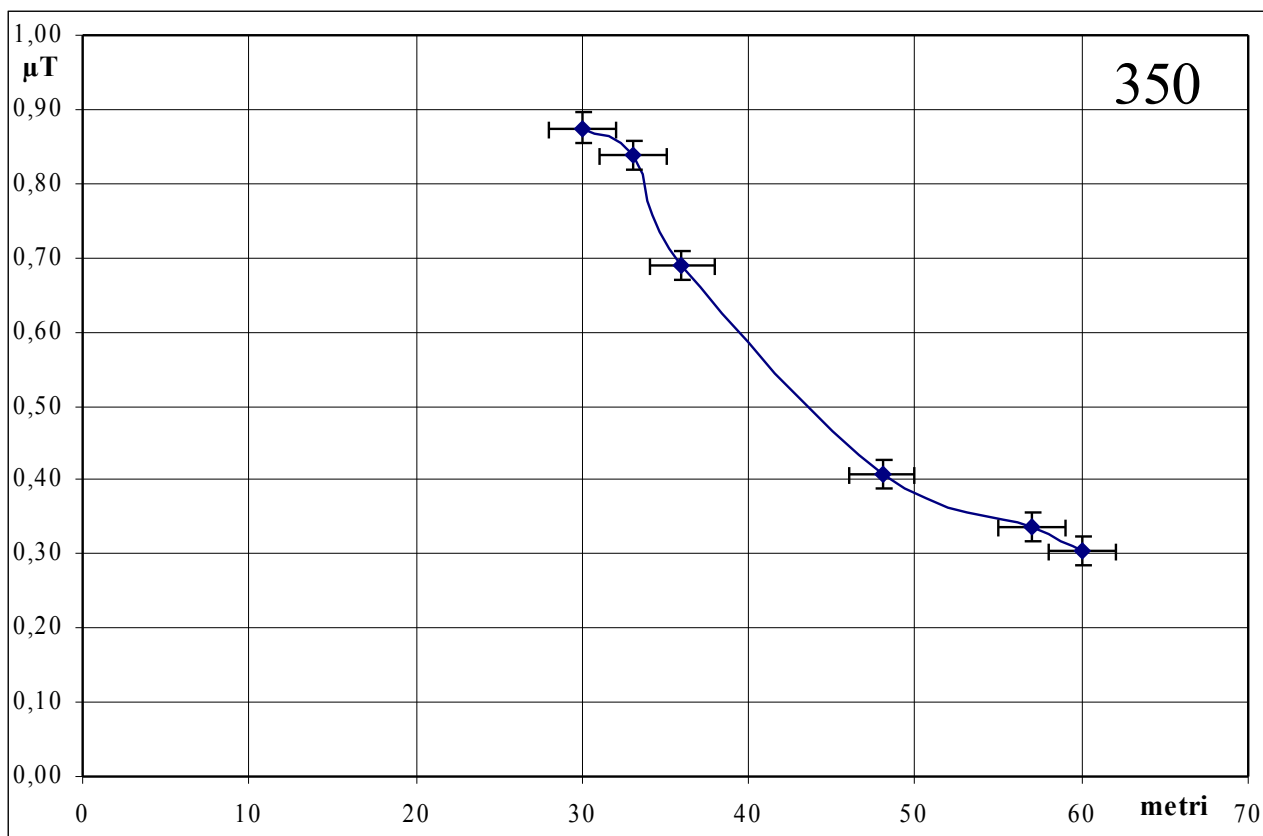


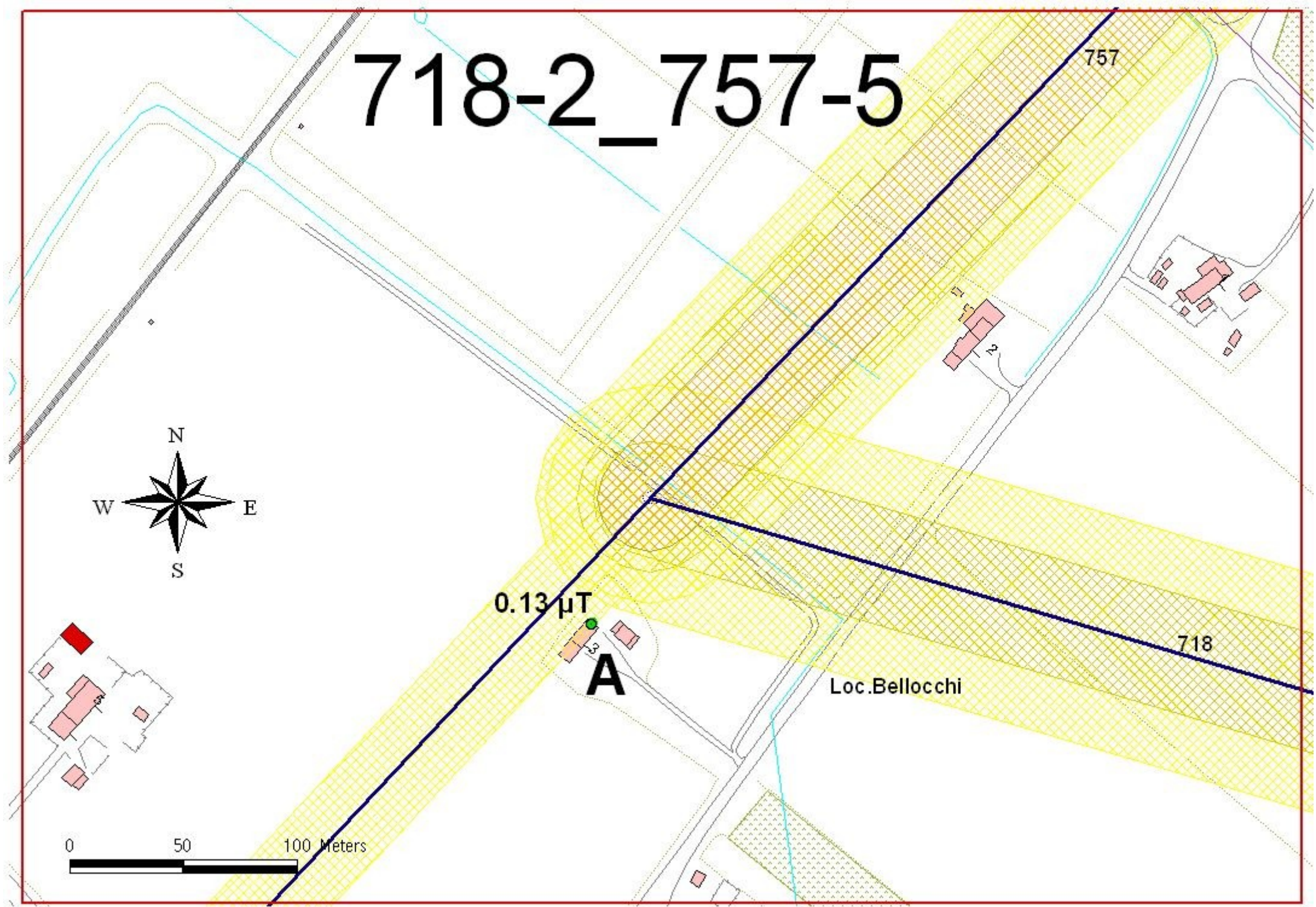
Figura 10: induzione magnetica in funzione della distanza dall'elettrodotto 350.

d	B_{ma}	Punto
30	0.88	350-2A
33	0.84	350-6A
36	0.69	350-1A
48	0.41	350-4A
57	0.34	350-3A
60	0.30	350-6B

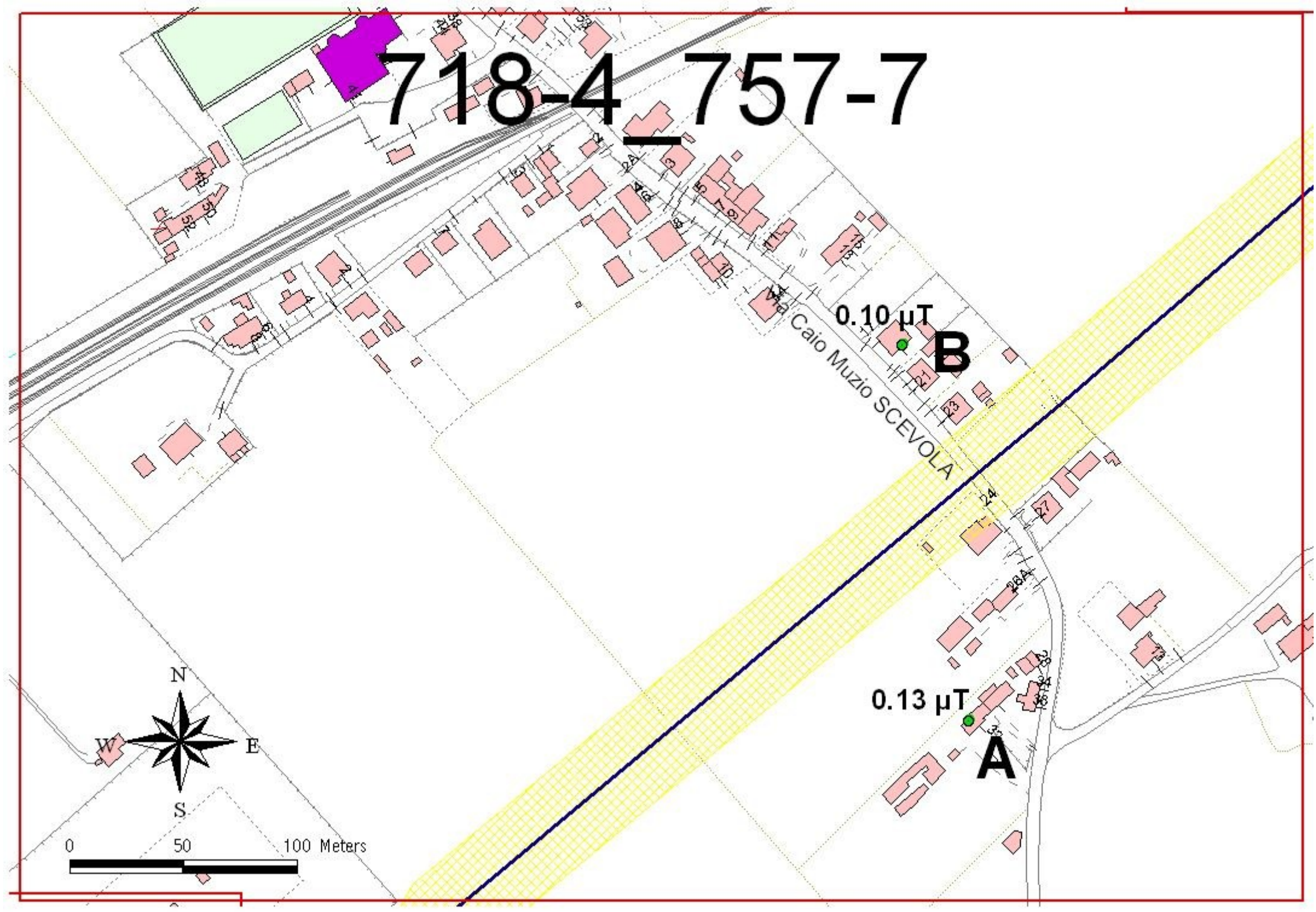
Tratto comune degli elettrodotti 718 e 757

Le schede di riferimento in scala 1:2000 delle zone dove questi 2 elettrodotti corrono vicinissimi uno all'altro sono le 718-2_757-5, 718-4_757-7, 718-5_757-8 e 718-6_757-9.

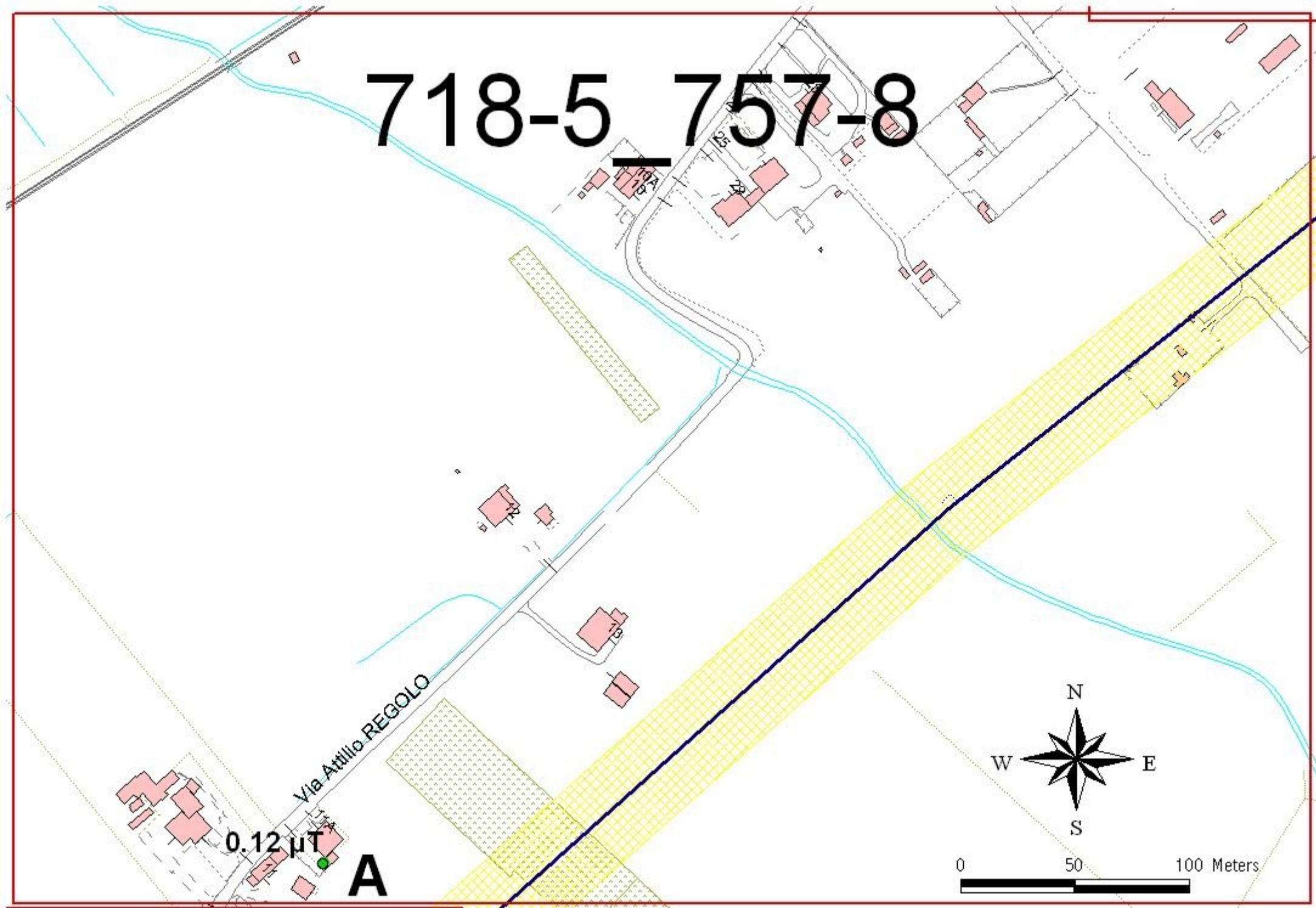
718-2_757-5



718-4-757-7



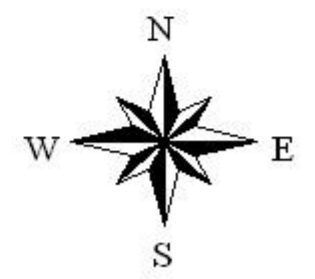
718-5_757-8



718-6_757-9

Loc. Torno

0.11 μ T
A



La combinazione delle direzioni delle correnti nei 2 elettrodotti produce una situazione particolare, tanto che l'induzione magnetica in questa zona è molto più bassa di quella che ci si sarebbe potuto aspettare considerando i valori di corrente dei singoli elettrodotti.

Le abitazioni e la popolazione esposta sono riportate nella tabella conclusiva.

Incrocio elettrodotti 336, 718 e 757

La scheda di riferimento in scala 1:2000 di questa situazione particolare, dove sono stati posizionati 4 rivelatori, è la 336-1_718-7_757-10.

L'abitazione di cui al punto di misura D e l'abitazione al punto X sono soggette solamente all'elettrodotto 336 e sono quindi state inserite nelle conclusioni di quell'elettrodotto.

L'abitazione di cui al punto C è disabitata.

Le abitazioni di cui ai punti di misura A e B sono soggette agli elettrodotti 336, 718 e 757. Elaborando i dati di induzione magnetica misurata e di corrente di transito nei 3 elettrodotti, tenendo conto dei valori medi annuali massimi negli ultimi 3 anni, si conclude che l'abitazione di cui al punto di misura A è soggetta ad un valore di induzione magnetica media annuale pari a $0.48 \mu\text{T}$ mentre quella di cui al punto B è soggetta a $1.33 \mu\text{T}$.

Di seguito si riportano anche le fotografie della zona.

336-1_718-7_757-10

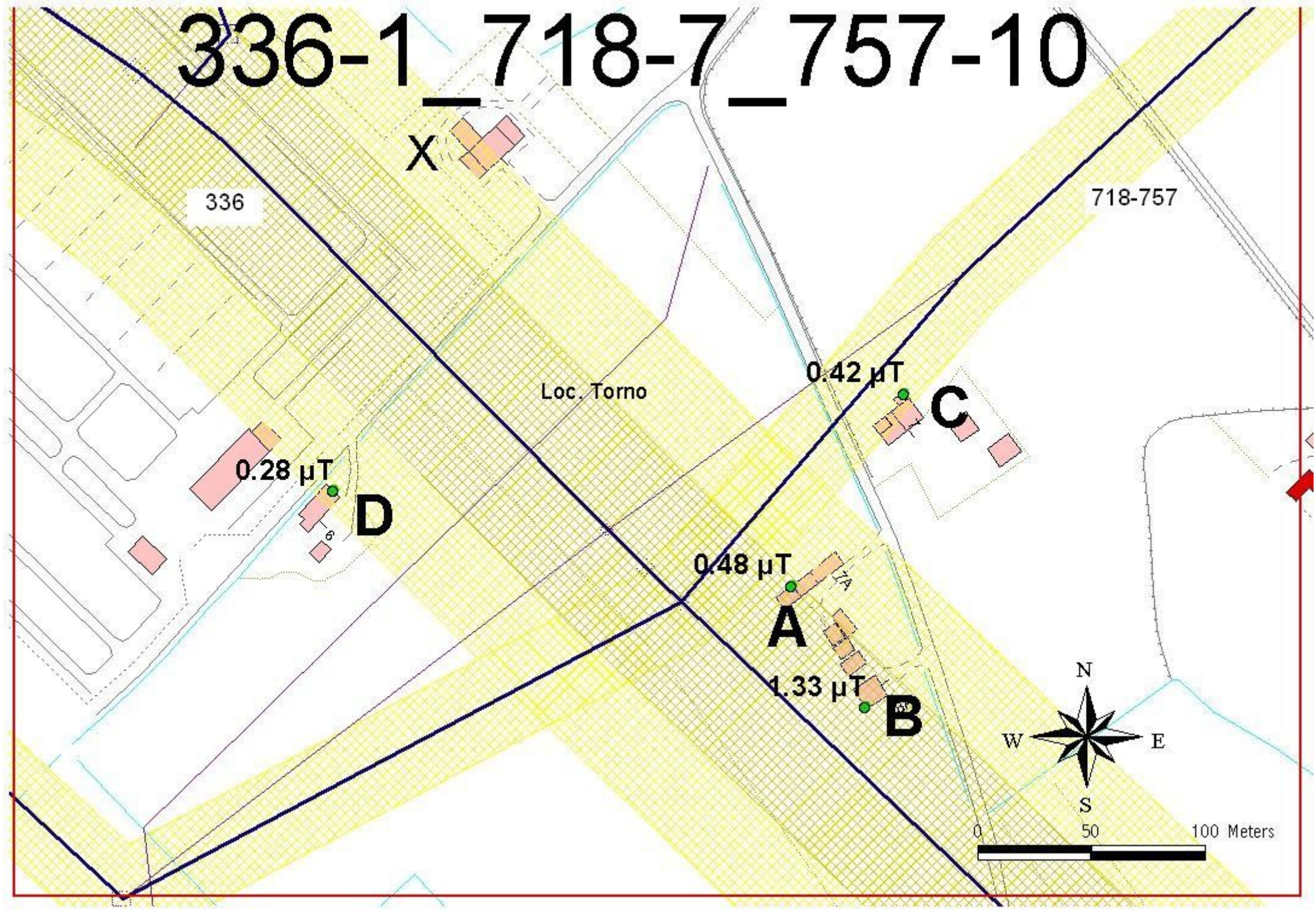


Foto dei 4 punti di misura della scheda 336-1_718-7_757-10



CONCLUSIONI

Dall'analisi sopra esposta è stato possibile generare una mappa del Comune di Fano dove, per ogni elettrodotto, è riportata la fascia entro la quale si ha un'esposizione della popolazione a più di 0.2, 0.5 e 1.0 μT . In realtà tali fasce sono cautelative in quanto rappresentano la proiezione a terra della distanza minima necessaria per scendere sotto quei valori.

D'altra parte va comunque fatto presente che un aumento della corrente media annuale in un elettrodotto produrrebbe un aumento della larghezza della relativa fascia.

Nelle tabelle sottostanti si sono riassunti i risultati di questo lavoro.

- Lunghezza degli elettrodotti di alta e altissima tensione: 65 km (15 km di linee a 132 kV, 34 km di linee a 150, 16 km di linee a 380 kV)
- Superficie del Comune di Fano: 121 kmq
- Lunghezza degli elettrodotti di alta e altissima tensione /kmq: 0.54
- Popolazione del Comune: 58000 circa.

POPOLAZIONE ESPOSTA	> 1.0 μT		Fra 0.5 μT e 1.0 μT		Fra 0.2 μT e 0.5 μT		> 0.2 μT	
	> 12 anni	< 12 anni	> 12 anni	< 12 anni	> 12 anni	< 12 anni	> 12 anni	< 12 anni
%	0.029	0.002	0.145	0.014	0.267	0.007	0.441	0.022

ELETTRODOTTI	> 1.0 μ T			Fra 0.5 μ T e 1.0 μ T			Fra 0.2 μ T e 0.5 μ T			> 0.2 μ T	
	$d_{1.0(m)}$	> 12 anni	< 12 anni	$d_{0.5(m)}$	> 12 anni	< 12 anni	$d_{0.2(m)}$	> 12 anni	< 12 anni	> 12 anni	< 12 anni
FFSS	-	0	0	-	0	0	-	0	0	0	0
701	-	0	0	26	0	0	51	8	0	8	0
707	-	0	0	-	0	0	-	0	0	0	0
717	-	0	0	23	16	0	29	11	0	27	0
718	-	0	0	25	41	5	50	0	0	41	5
719	-	0	0	20	0	0	46	0	0	0	0
724	-	0	0	20	0	0	43	13	2	13	2
756	-	0	0	-	0	0	-	0	0	0	0
757	23	17	1	32	9	2	46	54	0	80	3
336	-	0	0	41	0	0	80	8	0	8	0
335	-	0	0	30	0	0	70	11	0	11	0
350	-	0	0	44	7	0	70	24	0	31	0
718-757	-	0	0	-	0	0	20	9	0	9	0
336-718-757	-	0	0	-	11	1	-	17	2	28	3
TOTALI		17	1		84	8		155	4	256	13

Tabella 2: popolazione esposta a vari valori di induzione magnetica derivante dagli elettrodotti di alta e altissima tensione transitanti nel Comune di Fano

Legenda:

$d_{1.0(m)}$ distanza in metri dall'elettrodotto corrispondente ad un valore di induzione magnetica pari a 1.0 μ T

$d_{0.5(m)}$ distanza in metri dall'elettrodotto corrispondente ad un valore di induzione magnetica pari a 0.5 μ T

$d_{0.2(m)}$ distanza in metri dall'elettrodotto corrispondente ad un valore di induzione magnetica pari a 0.2 μ T

APPENDICE 1: ELABORAZIONE DEI DATI

Alla fine della fase di campionamento si è prelevata ogni sonda e si sono scaricati i dati acquisiti su PC ottenendo, mediante il software MICRORAD HT 300, files di estensione .log (rinominati come: **id scheda-id casa.log**).

In un secondo momento, i files di estensione .log si sono salvati come .csv per poter meglio gestire la formattazione e l'elaborazione dei dati al di fuori del software della MICRORAD.

In ambiente Visual Basic si è quindi creato un eseguibile, **ARPAv9.exe**, che prende in input i dati dal file di estensione .csv e calcola il valore medio del vettore induzione magnetica relativo ad ogni quarto d'ora.

L'eseguibile ARPAv9.exe in output restituisce un file .txt¹ che nel nome conserva le informazioni sull'identificativo della scheda, sull'identificativo della casa e sul tipo di gestore (GRTN o ENEL). Questo file ha nella prima colonna le ore ed i minuti (hh:mm) e nella seconda colonna i valori² mediati per ogni quarto d'ora con 3 cifre dopo la virgola³.

Parallelamente a questa prima elaborazione, sulle stesse 24 ore sono stati richiesti al gestore della rete i valori di corrente in Ampere.

Tutti i dati di corrente forniti sia dal gestore GRTN sia dall'ENEL sono di quarto d'ora in quarto d'ora; ma, mentre per il primo gestore sono rappresentativi del quarto d'ora "a cavallo" dell'orario indicato, per l'ENEL si riferiscono al quarto d'ora precedente. Il valore di corrente elettrica GRTN corrispondente, ad esempio, alle 12:30 (di un generico giorno di misura) è stato confrontato mediando i valori misurati nel quarto d'ora che va dalle 11:22:30 alle 12:37:30. Invece, il valore di corrente elettrica ENEL delle 12:30 è stato confrontato mediando i valori misurati nel quarto d'ora che va dalle 12:15:00 alle 12:30:00.

¹ NB: I files di output di ARPAv9.exe vengono salvati sotto la cartella "filesTXT" che deve sempre esistere per il funzionamento dell'eseguibile.

² Le righe di questo file dovrebbero essere 96, come il numero di quarti d'ora che ricorrono nell'arco di 24 ore. Non sempre però è così perché il software della MICRORAD, non permettendo di fissare i secondi dell'inizio della simulazione, taglia dei possibili valori utili per calcolare la media riferita all'ultimo quarto d'ora.

³ I valori scaricati dalle sonde della Micorad presentano due cifre decimali mentre nei valori mediati si sono tenute tre cifre dopo la virgola per poter meglio tener conto di piccole fluttuazioni nei grafici. Nel confronto finale, comunque, si sono considerati valori con due cifre decimali.

Di conseguenza anche i valori di induzione magnetica, che sono stati misurati ogni 10 secondi, sono stati mediati nei corrispondenti periodi di tempo.

In ultimo si sono creati i files dell'elaborazione finale, denominati come **elaborazionedatiEEE.xls**, dove EEE è il numero che identifica l'elettrodotto. Casi particolari che coinvolgono riquadri con più elettrodotti (ad esempio gli elettrodotti EE1, EE2 ed EE3) sono stati nominati come **elaborazionedatiEE1-EE2-EE3.xls**.

All'interno di uno stesso file excel sono presenti i fogli in cui è stato frazionato l'elettrodotto EEE-A, EEE-B... ed un foglio detto "generale".

Per motivi tecnici dei gestori della rete elettrica non tutti i campionamenti ambientali d'induzione magnetica sono corredati della corrente in linea. In questi rari casi si è scelto di non utilizzare i dati d'induzione magnetica comunque rilevati dalle campagna di misure.

Nei fogli del tipo EEE-A il valore medio di induzione magnetica nel quarto d'ora in esame è un dato calcolato da ARPAv9.exe.

I fogli suddetti contengono altresì un grafico riportante gli andamenti di "Inorm" e di "Gestore" in funzione del Periodo riportato in ascissa.

L'ultimo foglio riassuntivo, quello generale, contiene l'identificativo dell'elettrodotto ed altri campi. In questo foglio viene inoltre riportato il grafico dell'elettrodotto in questione tra B e d che consente di stabilire, noto il valore di campo (ad esempio 0.2 μ T), la distanza a cui porsi dall'elettrodotto per essere sottoposti a tale valore di induzione magnetica.

APPENDICE 2: SULLE INCERTEZZE

Nel grafico generale del documento **elaborazionedatiEEE.xls** l'incertezza associata alla misura di distanza (2 m) è stata stimata considerando che all'incertezza del telemetro (1 m) si aggiungesse un errore casuale (1 m) dovuto all'operatore.

Dove non è stato possibile utilizzare il telemetro sono stati usati metodi alternativi basati sulla triangolazione.

L'incertezza associata all'induzione magnetica è stata stimata pari a 0.02 μT tramite la seguente procedura:

$$B_{ma} = \left(\frac{B_m}{I_m} \right) \cdot I_{ma \max}$$

$$\Delta B_{ma} = B_{ma} \left(\frac{\Delta B_m}{B_m} + \frac{\Delta I_m}{I_m} + \frac{\Delta I_{ma \max}}{I_{ma \max}} \right)$$

APPENDICE 3: INDICE DI CORRELAZIONE

La corrispondenza fra l'andamento dell'induzione magnetica misurata e la relativa corrente di transito nell'elettrodotto è stata verificata trovando l'indice di correlazione per ogni punto di misura. Il valore di correlazione medio è risultato pari a 94% (tabella 3).

Id Casa		CORR tra I e B
FF.SS.-1	A	-
FF.SS.-2	A	-
FF.SS.-2	B	-
FF.SS.-3	A	-
FF.SS.-4	A	-
FF.SS.-5	A	-
717-2	A	0.99
717-2	B	0.99
717-2	C	0.99
717-3	A	0.99
717-7	A	0.99
717-7	B	0.99
757-1	A	0.99
757-2	A	0.99
757-3	A	0.99
757-4	A	0.99
718-0 719-2	A	0.65
719-1	A	0.97
718-1	A	0.99
718-2 757-5	A	0.96
718-4 757-7	A	0.81
718-4 757-7	B	0.94
718-5 757-8	A	0.99
718-6 757-9	A	0.77
336-1 718-7 757-10	A	0.84
336-1 718-7 757-10	B	0.93
718-7 757-10	C	0.26
336-1	D	0.91
336-2	A	0.99
336-2	B	0.99
336-2	C	0.99
336-4	A	0.99
336-5	A	0.77
336-6	A	0.99
350-1	A	0.99
350-2	A	0.99
350-3	A	0.99
350-4	A	0.99
350-6	A	0.99
350-6	B	0.99
335-1	A	0.98
335-3	A	0.98
335-3	B	0.97
724-2	A	0.98
724-3	A	0.99
724-4	A	0.96
707-1 701-1	B	0.91
724-4 707-1	C	0.99
media		0.94

Tabella 3 indici di correlazione calcolati per le serie di dati relative ai punti di misura (42 su 48 perché per gli elettrodotti FF.SS. manca il dato di corrente di transito).

L'indice usato è detto indice di correlazione di Bravais-Person:

$$\text{indice correlazione} = \frac{\sum (I - I_m) (B - B_m)}{n \sigma_I \sigma_B}$$

$$-1 \leq \text{indice di correlazione} \leq 1$$

dove

I e B sono le serie dei dati di corrente e di induzione magnetica;

I_m e B_m sono le medie aritmetiche rispettivamente di I e B;

n è il numero totale dei dati (95);

σ_I e σ_B rispettivamente lo scarto quadratico medio delle I e delle B.

Le singole correlazioni e quella media sono di tipo “diretto” (>0), cioè a valori crescenti di corrente di transito nell'elettrodotto corrispondono valori pure crescenti di induzione magnetica misurata.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Wertheimer N., Leeper E.: Electrical wiring configurations and childhood cancer. American Journal of Epidemiology, 1979.
- (2) Rapporto ISTISAN 98/31 Tumori e malattie neurodegenerative in relazione all'esposizione a campi elettrici e magnetici a 50/60 Hz: rassegna degli studi epidemiologici.
- (3) OMS - Progetto internazionale CEM campi elettromagnetici - Promemoria n. 205, novembre 1998, Campi a frequenza estremamente bassa ELF.
- (4) Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz), 1998.
- (5) Health effects from exposure to power-line frequency electric and magnetic fields", rapporto al Congresso degli USA del maggio 1999.
- (6) Electromagnetic fields and public health. Cautionary policies, marzo 2000.
- (7) Bagli M.T., Bevitori P., Ricciotti M. Valutazione del livello ambientale di campo elettromagnetico a frequenza industriale (ELF) in prossimità di linee elettriche ad alta tensione e sottostazioni, Risultati della campagna di misure effettuata nel Circondario di Rimini nel 1994.
- (8) Using ArcView GIS The Geographic Information System for Everyone ESRI, 1996.