

C.I.E. ELF

Monitoraggio dei campi elettrici e magnetici a 50Hz

Studio di impatto e analisi delle criticità legati a
linee elettriche ad alta tensione
nella Provincia di Alessandria



C.I.E. ELF

Monitoraggio dei campi elettrici e magnetici a 50Hz

**Studio di impatto e analisi delle criticità legati a
linee elettriche ad alta tensione
nella Provincia di Alessandria**



**RELAZIONE FINALE
MARZO 2010**

Tutti i materiali prodotti e i risultati dello studio C.I.E. ELF si riconducono al lavoro giornaliero svolto dal personale delle Strutture di Tutela e Vigilanza e della Produzione del Dipartimento Arpa di Alessandria, in stretta collaborazione con i dirigenti ed i funzionari del settore ambientale della Provincia di Alessandria. Nello specifico l'elaborazione dei dati è frutto del contributo delle persone elencate di seguito.

Coordinamento e organizzazione progetto: *E. Biorci, **C. Coffano, ***L. Erbetta, ***E. Parisato, ***A. Maffiotti

Realizzazione: E. Parisato, L. Erbetta, E. Biorci

Redazione carte tematiche: E. Parisato

Elaborazione dati: E. Parisato, L. Erbetta, E. Biorci

Misure: E. Parisato, L. Erbetta

Elaborazioni Cartografiche: E. Parisato, L. Erbetta

Elaborazione documento finale: E. Parisato, L. Erbetta, E. Biorci

* Provincia di Alessandria - Servizio Tutela qualità dell'aria e controllo impianti termici

**Provincia di Alessandria - Dipartimento Ambiente Territorio e Infrastrutture - Direzione Pianificazione, Difesa del Suolo, V.I.A., Servizi Tecnici

***Arpa Piemonte, Dipartimento di Alessandria

Si ringrazia, per la fattiva collaborazione, la Provincia di Alessandria ed in particolare l'*Assessorato Tutela e valorizzazione ambientale, Smaltimento rifiuti, Risorse idriche ed energetiche, Beni ambientali, Flora e fauna* nella persona dell'Assessore On. Lino Rava ed il Dipartimento Ambiente, Territorio ed Infrastrutture nella persona del Direttore Ing. Giuseppe Tomasello e del personale dirigente e tecnico.

Fotografie: archivio Arpa Piemonte

Ideazione e progetto grafico: Arpa Piemonte, Dipartimento di Alessandria

Copyright © 2010 ARPA PIEMONTE

Via Pio VII, 9 – 10135 TORINO - ITALIA

Arpa Piemonte e Provincia di Alessandria non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questo documento. La riproduzione è autorizzata citando la fonte.

INDICE

PRESENTAZIONE	1
1 INTRODUZIONE	2
2 I CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI A BASSA FREQUENZA	4
2.1 La radiazione elettromagnetica	4
2.2 I campi elettrici e magnetici a bassa frequenza	5
2.3 le sorgenti di campo elettrico e magnetico a 50Hz	6
2.4 La normativa di riferimento	9
3 LA CARTA DI IDONEITA' ELETTROMAGNETICA E LO STUDIO DELLE CRITICITA' PER LE LINEE ELETTRICHE IN PROVINCIA DI ALESSANDRIA	12
3.1 Controllo dei tracciati delle linee ad alta tensione presenti sul territorio e caricamento su supporto G.I.S.	12
3.2 Classificazione della criticità delle linee sulla base degli indicatori ambientali pressione – stato – risposta	16
3.2.1 Sviluppo delle linee elettriche come indicatore di Pressione	16
3.2.2 Definizione delle fasce di impatto e della DPA degli elettrodotti come Indicatore di Stato	18
3.2.3 Elaborazione degli indicatori di risposta. Stima delle criticità e criteri di controllo	21
4 LE AZIONI DI MONITORAGGIO	28
4.1 Strumentazione e metodologia di misura	28
4.2 Misure di campo magnetico a 50Hz	29
4.2.1 Misure di campo magnetico sulle 24ore	33
4.3 Misure di campo elettrico a 50Hz	44
5 VERIFICA DELLE CRITICITA'	50
5.1 Verifica delle criticità per il campo magnetico	51
5.2 Verifica delle criticità per il campo elettrico	53
5.3 Conclusioni	55
6 RISULTATI DELLO STUDIO PER GRUPPI OMOGENEI DI COMUNI	58
6.1 Comuni dell'Acquese	58
6.2 Comuni dell'Alessandrino e del Valenzano	68
6.3 Comuni del Casalese	76
6.4 Comuni del Novese e dell'Ovadese	79
6.5 Comuni del Tortonese	95
BIBLIOGRAFIA	105

Introduzione





1. Introduzione

Il recente **D.M.A. 29/05/08 “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”** (suppl. ord. G.U. n.156 del 05/07/2008) ha riportato l’attenzione sull’impatto ambientale delle linee elettriche ad alta tensione e sulla loro compatibilità con un ambiente fortemente antropizzato quale quello italiano. L’esplicitazione dei criteri per la definizione delle fasce di rispetto degli elettrodotti permette ora di verificare le reali problematiche connesse con la presenza di linee ad alta tensione sul territorio consentendo anche l’acquisizione dai gestori di rete di tutti i dati tecnici necessari per una corretta valutazione delle emissioni. Il presente studio è stato concepito allo scopo di valutare in base alla nuova normativa le emissioni elettromagnetiche generate da **linee di trasmissione e distribuzione dell’energia elettrica nella provincia di Alessandria** (657Km di linee da 132kV a 380kV) e di definire una carta provinciale che illustri le criticità verso l’esposizione ai campi elettrici e magnetici a 50 Hz.

Per lo studio degli impatti e la conseguente analisi delle criticità legati alla presenza di linee elettriche A.T. sul territorio alessandrino ci si è avvalsi come strumento base della **Carta di Idoneità Elettromagnetica (C.I.E.)**, già precedentemente utilizzata per un analogo studio sulle sorgenti a radiofrequenza, ovvero una carta tematica che rappresenta il grado di sensibilità del territorio all’inquinamento elettromagnetico. Tale carta, frutto di un progetto originale ideato e realizzato congiuntamente da **A.R.P.A. - Dipartimento di Alessandria e Provincia di Alessandria**, costituisce il punto di partenza per valutare il grado di compatibilità di una determinata area con un dato livello di inquinamento suddividendo il territorio in aree omogenee dal punto di vista della vulnerabilità al fattore di pressione di volta in volta considerato. Il fattore considerato nel presente studio sono i **campi elettrici e magnetici ELF** (extremely low frequencies) generati da **linee elettriche aeree** presenti sul territorio alessandrino con tensione pari a **380, 220 e 132 kV** e lo studio è stato denominato **C.I.E. ELF**.

L’indagine ha previsto la definizione di **3 fasce di rispetto per il campo magnetico** generato da ciascuna linea AT mediante calcolo teorico basato su formule analitiche approssimate e su dati geometrici, strutturali e di carico elettrico della linea. La classificazione delle linee in base alle fasce di rispetto e l’analisi dell’edificato ricompreso entro le 3 fasce ha permesso di definire un **indice di criticità** in base al quale è stato definito un monitoraggio di **160 aree** distribuite su **34 Comuni** con **500 misure di campo elettrico e magnetico** in ambiente abitativo ed esterno, differenziate in relazione all’impatto delle linee e al grado di vulnerabilità e antropizzazione del territorio.

Il presente documento riporta i risultati del lavoro svolto sul territorio della Provincia di Alessandria nel corso del 2009 grazie alla fattiva collaborazione tra A.R.P.A. - Dipartimento di Alessandria e Provincia di Alessandria – Settore Ambiente.

I campi elettrici e magnetici a bassa frequenza





2. I campi elettrici e magnetici a bassa frequenza

2.1 LA RADIAZIONE ELETTROMAGNETICA

I **campi elettromagnetici** sono generati da cariche elettriche. L'oscillazione di cariche elettriche, ad esempio il passaggio di corrente in un oggetto conduttore, genera campi elettrici e magnetici variabili nel tempo e correlati fra di loro che si propagano nello spazio sotto forma di onde.

Le **onde elettromagnetiche** trasportano energia nello spazio interagendo con tutto ciò che si frappone nel loro cammino. La **velocità** di propagazione delle onde elettromagnetiche nel vuoto è di **300.000 Km/s**.

Nei nostri ambienti di vita siamo immersi in campi elettromagnetici di svariata natura sia di origine naturale che artificiale: il campo magnetico terrestre, la radiazione solare e cosmica, la luce, il calore, i temporali, le linee elettriche, i telefonini, le apparecchiature elettriche, gli elettrodomestici, la radio, la tv, etc. sono solo alcuni tra i numerosissimi fenomeni che fanno parte della nostra quotidianità e che sono riconducibili ad eventi di natura elettromagnetica.

Questi eventi si distinguono dal punto di vista fisico sulla base della **frequenza** associata all'onda, cioè del numero di oscillazioni che l'onda compie in un secondo, e si misura in cicli al secondo o Hertz (Hz); maggiore è la frequenza di un' onda, maggiore è l'energia che trasporta.

L'insieme di tutte le onde elettromagnetiche, classificate in base alla loro frequenza, costituisce lo **spettro elettromagnetico** (Fig. 2.1).

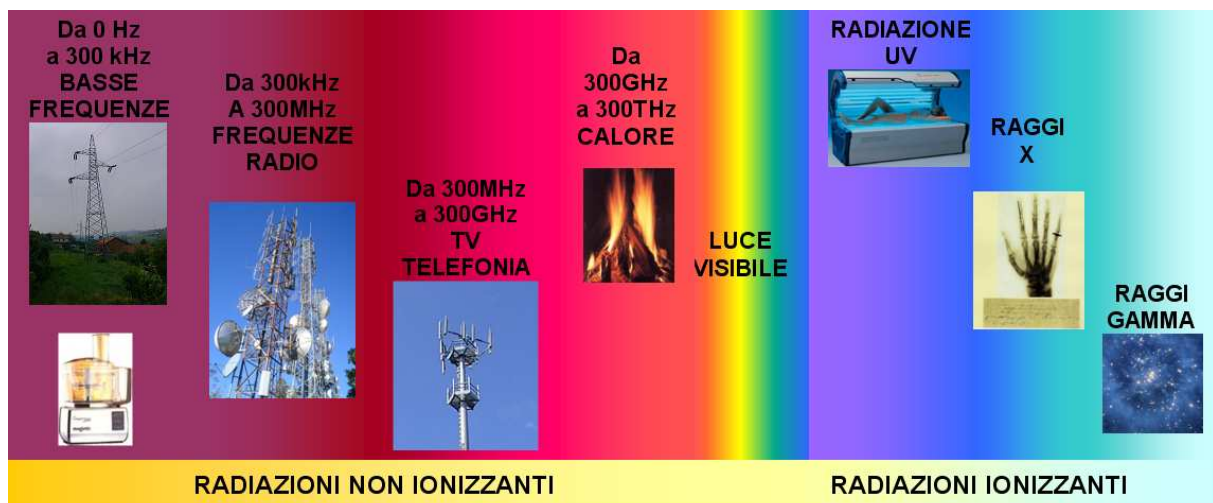


Fig. 2.1 - Lo spettro elettromagnetico

Lo spettro può essere diviso in due grandi famiglie: le **radiazioni ionizzanti** (raggi UVB-UVC, radioattività, raggi X, raggi cosmici) altamente energetiche, in grado di ionizzare la materia ovvero di strappare gli elettroni più esterni dagli atomi e quindi potenzialmente in grado di

I campi elettrici e magnetici a bassa frequenza

danneggiare il DNA e le cellule del organismi viventi e le **radiazioni non ionizzanti** (onde radio, microonde, radiazione infrarossa, campi elettrici e magnetici prodotti da linee elettriche) che non hanno energie tali da innescare tali fenomeni ed interagiscono con gli organismi prevalentemente su scala maggiore, a livello di tessuti ed apparati.

Le radiazioni non ionizzanti si suddividono in **radiazioni a bassa e alta frequenza**: questi sono due fenomeni fisici totalmente diversi a cui competono differenti limiti di legge in considerazione della **diversa interazione** che i due gruppi di onde hanno **con gli organismi viventi** e quindi dei diversi effetti e rischi per la salute che ne scaturiscono.

Le **radiazioni non ionizzanti a bassa frequenza** sono generate dai sistemi di produzione e distribuzione dell'energia elettrica, da alcune apparecchiature industriali ed elettromedicali, dagli elettrodomestici e da alcuni fenomeni naturali. Le **radiazioni non ionizzanti ad alta frequenza** sono generate in prevalenza dai sistemi per le trasmissioni radio-tv, dalla telefonia, dai radar, dai sistemi di trasmissione dati, dagli impianti antifurto, dai sistemi di riscaldamento e cottura microonde.

L'inquinamento elettromagnetico è prodotto da radiazioni non ionizzanti con frequenza inferiore a quella della luce infrarossa.

2.2 I CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI A BASSA FREQUENZA

Per **campi elettrici e magnetici a bassa frequenza** si intende l'insieme dei fenomeni elettromagnetici che hanno frequenze comprese **tra 0 e 10kHz** (Fig. 2.2).

SORGENTE	FREQUENZA
Scariche atmosferiche	0 – 1kHz
Campo magnetico terrestre	0 – 5Hz
Magnetoterapia	0-50Hz
Risonanza magnetica	300Hz
Reti di alimentazione delle ferrovie	50Hz
Apparecchiature industriali	0-10kHz
Linee elettriche	50Hz

Tab. 2.1 – Sorgenti naturali e non naturali a bassa frequenza [15]

Tra questi le radiazioni di gran lunga più diffuse sono i **campi elettrici e magnetici a 50Hz** connessi alla produzione, trasmissione e utilizzo dell'energia elettrica sviluppatasi nel corso degli ultimi 250 anni. Il sistema di trasmissione dell'energia elettrica in Italia e in Europa utilizza la "frequenza di rete" pari a 50Hz.



Questi fenomeni presentano una componente elettrica e una componente magnetica distinte, che vanno misurate separatamente. La componente magnetica è quella più difficile da schermare ed è anche quella considerata più pericolosa dal punto di vista dell'esposizione umana, mentre il campo elettrico non penetra all'interno del corpo ed è facilmente attenuato da oggetti conduttori e dalla presenza di vegetazione [15]. Per questo motivo le limitazioni di legge sono più restrittive per il campo magnetico.

Le basse frequenze interagiscono con il corpo umano generando correnti indotte e alterando gli equilibri elettrochimici a livello cellulare. A forti intensità di campo elettrico si possono verificare scariche elettriche tra oggetti conduttori ed il corpo umano, mentre campi magnetici di forte intensità possono generare alterazioni visive delle fosfene [15]. Tali effetti si hanno per livelli di campo molto più elevati rispetto a quelli ai quali la popolazione risulta normalmente esposta.

Per quanto riguarda gli effetti di esposizioni a bassi livelli di campo a bassa frequenza, di entità pari a quelli emessi da linee elettriche o da elettrodomestici, ma prolungati nel tempo, al momento attuale non è stato ancora individuato un meccanismo di azione che possa spiegare possibili danni biologici [15]. Per tale motivo sia in campo protezionistico che giuridico ci si attiene al principio di "prudent avoidance" adottato dall'OMS, ovvero di minimizzazione delle esposizioni al fine di minimizzare un potenziale rischio non ancora del tutto conosciuto per la salute umana [14].

2.3 LE SORGENTI DI CAMPO ELETTRICO E MAGNETICO A 50HZ

Le principali sorgenti di campo elettrico e magnetico a 50Hz è costituita dalle reti di produzione, trasformazione e distribuzione dell'energia elettrica dalla centrale di produzione agli utilizzatori finali.



Fig. 2.2 – Rete di trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica [4]

I campi elettrici e magnetici a bassa frequenza

Le componenti della rete responsabili delle maggiori emissioni di campi a bassa frequenza sono gli elettrodotti. Per elettrodotto si intende l'insieme dei componenti della rete elettrica costituito da linee di trasporto e stazioni di trasformazione.

Le linee di trasporto si suddividono in [4] [12]:

- **Linee ad ALTA TENSIONE** caratterizzate da tensioni di esercizio $>50\text{kV}$ (50.000Volt). Sono le linee primarie di distribuzione che trasportano l'elettricità a grandi distanze dalla centrale di produzione alle stazioni di trasformazione. Tra queste vi sono quelle ad **altissima tensione da 132kV, 220kV e 380kV**.
- **Linee a MEDIA e BASSA TENSIONE** : caratterizzate da tensioni di esercizio da 3 a 30kV le prime e da 220 e 380 Volt le seconde, sono di tensione minore e vengono impiegate per la distribuzione su piccola scala della corrente elettrica dalle stazioni di trasformazione ai singoli utenti.

Le linee ad alta tensione sono costituite da conduttori metallici (ad esempio in lega alluminio-acciaio), entro cui fluisce corrente alternata alla frequenza di 50 Hz, sostenuti da appositi sostegni (tralicci). In funzione delle caratteristiche delle linee, può variare sia la posizione sia il numero di conduttori sostenuti dai tralicci:

Semplice terna simmetrica

Semplice terna asimmetrica

Doppia terna simmetrica

Configurazione DELTA

Configurazione TRIANGOLO

Configurazione BANDIERA

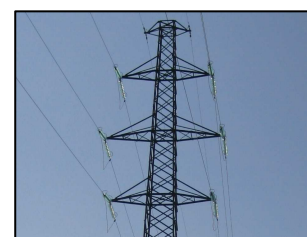
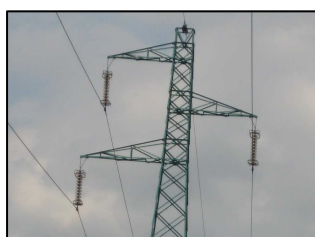
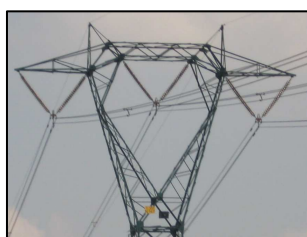


Fig. 2.3 – Principali configurazioni e tipologie di conduttori per linee A.T.

Dal punto di vista delle emissioni elettromagnetiche, il campo elettrico aumenta all'aumentare della tensione della linea mentre il campo magnetico aumenta all'aumentare della corrente che vi fluisce. Le linee ad altissima tensione sono quelle caratterizzate da maggior tensione (da 132 a 380kV) e maggior carico di corrente (da 500 a 2500 Ampere) e pertanto sono considerate a maggior impatto.

I livelli di campo elettrico e magnetico emessi dalle linee elettriche dipendono dalle loro caratteristiche tecniche e geometriche. Entrambi presentano un il valore massimo in prossimità del centro della linea e decrescono poi rapidamente all'aumentare della distanza dai conduttori .



Al di sotto di una linea ad altissima tensione, si riscontrano tipicamente livelli di campo elettrico di qualche migliaia di V/m e livelli di campo magnetico di qualche microTesla (μT).

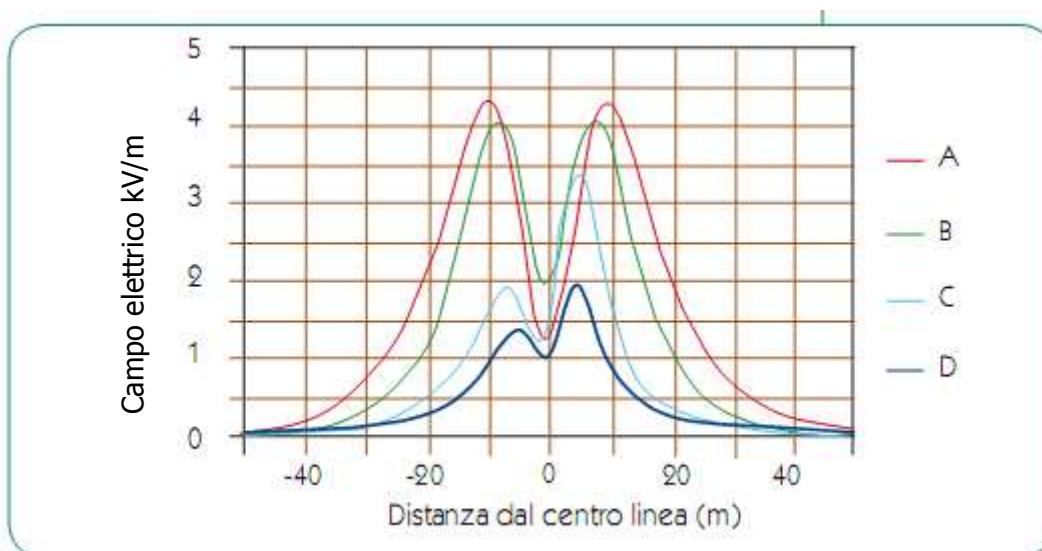


Fig. 2.4 – Profili laterali del campo elettrico al di sotto di linee A.T. calcolati a livello del suolo nella sezione traversa corrispondente alla minima distanza cavo terreno, per una linea a 380 kV a semplice terna (A), per una linea a 380 kV a doppia terna (B), per una linea a 220 kV a semplice terna (C) e per una linea a 132 kV a semplice terna (D). [4]

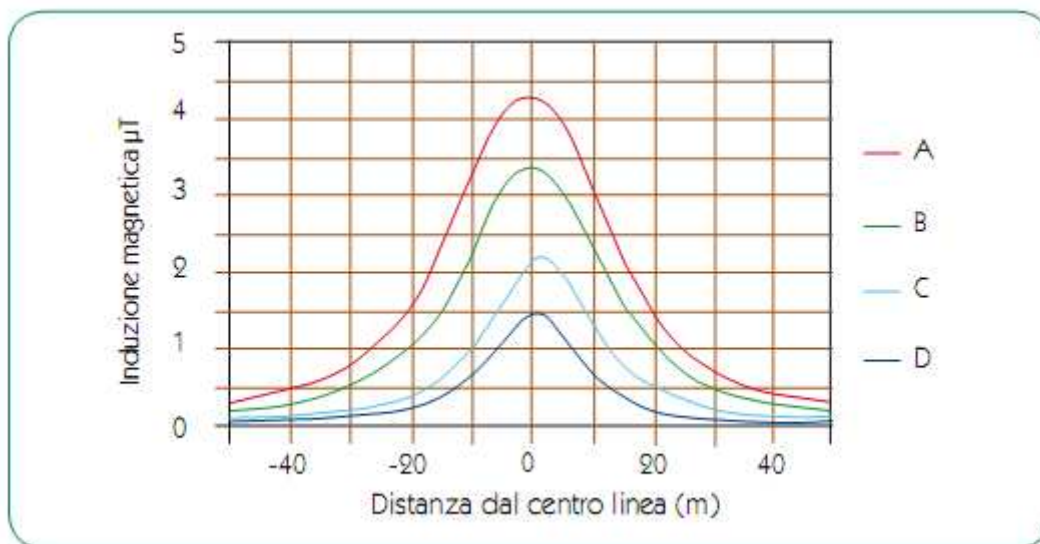


Fig. 2.5 – Profili laterali del campo d'induzione magnetica al di sotto di linee A.T. calcolati a livello del suolo nella sezione traversa corrispondente alla minima distanza cavo terreno, per una linea a 380 kV e 1.500 Ampere di corrente a semplice terna (A), per una linea a 380 kV e 1.500 Ampere di corrente a doppia terna (B), per una linea a 220 kV e 550 Ampere di corrente a semplice terna (C) e per una linea a 132 kV e 375 Ampere di corrente a semplice terna (D). [4]

I campi elettrici e magnetici a bassa frequenza

La tensione di un elettrodotto è costante, ma la corrente che transita varia a seconda della domanda dell'utenza, di conseguenza anche il campo magnetico, che dipende direttamente dalla corrente in linea, può essere estremamente variabile nell'arco della giornata e delle stagioni.

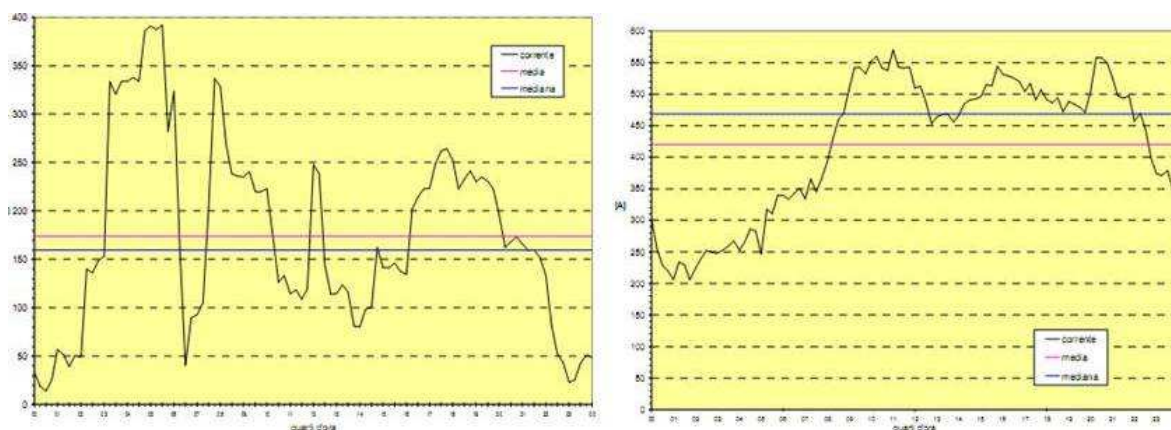


Fig. 2.6 – Andamenti tipici di corrente (Ampere) registrati nell'arco di una giornata ogni quarto d'ora su due linee rispettivamente a 380 e 220kV. [fonte TERNA]

2.4 LA NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nell'anno 2001 è stata emanata la **Legge Quadro n.36 del 22/02/2001** (pubblicata su G.U. n.55 del 07/03/2001) sulla **protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici**, il primo testo di legge organico che disciplina in materia di campi elettromagnetici. La legge si prefigge lo scopo (art.1) della "tutela della salute dei lavoratori, delle lavoratrici e della popolazione dagli effetti dell'esposizione a determinati livelli di campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici" recependo il **principio di precauzione** adottato dalla Comunità Europea (art.174 del Trattato di Amsterdam). La legge si applica a tutti gli impianti, i sistemi e le apparecchiature per usi civili e militari che possono produrre l'esposizione della popolazione e dei lavoratori ai campi elettromagnetici compresi tra 0 Hz e 300 GHz.

Essa definisce tre livelli di riferimento per l'esposizione:

- **Limite di esposizione:** è il valore di campo elettrico e magnetico, definito ai fini della tutela della salute da effetti acuti, che **non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione** della popolazione e dei lavoratori;
- **Valore di attenzione:** è il valore per il solo campo magnetico, che **non deve essere superato negli ambienti abitativi, scolastici, nelle aree gioco per l'infanzia e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate**. Esso costituisce **misura di cautela** ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine;
- **Obiettivo di qualità** è il valore per il solo campo magnetico, **da conseguire al fine di minimizzare le esposizioni** nella progettazione di nuovo elettrodotti e nella realizzazione di edifici in prossimità di elettrodotti già esistenti.



Il successivo **D.P.C.M. 08/07/2003**, fissa i limiti di esposizione della popolazione ai campi elettrici e magnetici a 50Hz generati da elettrodotti [2]:

	Campo elettrico E (V/m)	Induzione magnetica B (μT)
Limiti di esposizione	5000	100
Valori di attenzione	--	10
Obiettivi di qualità	--	3

Tab. 2.2 – Definizione dei valori limite per gli elettrodotti

Dove il valore di attenzione di 10 microTesla (μ T) e l'obiettivo di qualità di 3 microTesla (μ T) sono fissati per la sola componente magnetica del campo considerata più pericolosa dal punto di vista dell'esposizione umana. Il primo valore si applica alle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere; il secondo nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio. [2]

Con il **D.P.C.M. 28/05/2008** viene introdotta una metodologia di calcolo per le fasce di rispetto degli elettrodotti necessaria per applicare l'obiettivo di qualità di 3 microTesla (μ T) dove per **fascia di rispetto** si intende **“lo spazio circostante un elettrodotto, che comprende tutti i punti al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da una induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità”** [2].

Carta di Idoneità Elettromagnetica e studio delle criticità per le linee elettriche ad alta tensione in Provincia di Alessandria





3. Carta di Idoneità Elettromagnetica e studio delle criticità per le linee elettriche ad alta tensione in Provincia di Alessandria

3.1 CONTROLLO DEI TRACCIATI DELLE LINEE AD ALTA TENSIONE PRESENTI SUL TERRITORIO E CARICAMENTO SU SUPPORTO G.I.S.

La Regione Piemonte, contrariamente a quanto avviene per le emittenti a radiofrequenza, non dispone di un catasto regionale completo delle linee elettriche sia per il fatto che prima del 2008 non vi era obbligo per i gestori di comunicare i dati tecnici, geografici ed anagrafici delle reti sia perché le autorizzazioni alle nuove linee sono, per le altissime tensioni, spesso di competenza statale e non regionale. Ciò ha fatto sì che anche ARPA e Provincia non disponessero di un archivio informatizzato completo e aggiornato delle reti sul proprio territorio.

Preliminarmente è stato dunque necessario effettuare un lavoro di integrazione delle informazioni mancanti per predisporre una cartografia precisa su supporto informatico G.I.S. (Geographic Information System) dei tracciati delle linee ad altissima tensione su tutto il territorio provinciale. Ciò è stato realizzato sia mediante i dati desunti dal catasto regionale degli elettrodotti, laddove disponibili, sia mediante controlli mirati sul campo nei luoghi di maggior interesse (stazioni di trasformazione, cabine primarie, cabine utente ed in generale nelle zone di convergenza di più linee), sia mediante l'utilizzo di immagini aeree ad alta risoluzione. In questo modo si è completata la mappatura delle linee ad alta tensione che insistono sul territorio provinciale, aggiornando l'archivio dati a nostra disposizione.

Per la compilazione delle informazioni tecniche basilari per lo studio è stato fondamentale il contributo dei gestori della rete che, in conseguenza dell'emanazione del D.M.A. 29/05/08 [5], hanno iniziato a fornire per le linee di loro competenza i dati aggiornati di numerazione e coordinate UTM per quanto riguarda i sostegni (tralicci) e tutti i dati tecnici necessari alle valutazioni: geometria, tipo di sostegno, portata in corrente in servizio normale, altezza del conduttore in corrispondenza del sostegno. Di ciascuna linea sono stati inoltre inseriti a catasto il numero e la denominazione (ad esempio linea a 380 kV n°351 Vignole Borbera-Castelnuovo Scrivia) e la tipologia a seconda che la linea sia a semplice o doppia terna trifase, con conduttore per ogni fase singolo, binato o trinato.

In figura 3.1 si riportano i tracciati delle linee a 380, 220 e 132 kV censiti sul territorio provinciale sulla base dei dati tecnici inseriti nel catasto informatizzato.

TENSIONE (Kvolt)	N° TERNA	NOME	GEOMETRIA	TIPO DI TERNA	CORRENTE (Ampere)	LUNGHEZZA (metri)
380	383	Castelnuovo - Baggio	Delta	STT	2310	1545
380	349	Castelnuovo - Trino	Delta	STT	2310	17609
380	394	Spezia - Vignole B.	Delta	STS	1376	5803
380	351	Castelnuovo - Vignole B.	Delta	STT	2310	34181
380	393	Vado Ligure - Vignole B.	Delta	STT	1591	35678
220	270	Balzola - Trino Nucl.	Triangolo	STS	658	6087

Studio delle criticità per le linee elettriche ad alta tensione in Provincia di Alessandria



TENSIONE (Kvolt)	N° TERNA	NOME	GEOMETRIA	TIPO DI TERNA	CORRENTE (Ampere)	LUNGHEZZA (metri)
220	263	Bistagno - Casanova	Triangolo	STB	882	2800
220	264	Bistagno - Erzelli	Triangolo	STB	794	20331
220	283	S.Colombano - Vignole B.	Delta	STS	558	5119
220	277	Erzelli - Vignole B.	Delta	STS	710	6015
220	265	ILVA Novi L. - Vignole B.	Delta	STS	558	14145
220	246	ILVA Novi L. - Novi Ligure	Triangolo	STS	558	1714
220	262	Morigallo - Vignole B.	Delta/Gatto	STT	1467	7992
220	245	Casanova - Vignole B.	Delta	STS	558	35340
132	611	Balzola - FS Casale P	Triangolo	STS	500	2557
132	620	Balzola - Balzola CP	Delta	STS	500	89
132	655	Felizzano - INVEX	Triangolo	STS	500	2299
132	666	Castello d'Annone Felizzano	Triangolo	STS	500	5356
132	668	Alessandria Nord - Felizzano	Triangolo	STS	500	15738
132	562	Balzola CP - Holcim all. - Trino CP	Triangolo	STS	500	7713
132	614	Balzola - Valenza	Triangolo	STS	500	26271
132	608	Calliano - Cereseto	Triangolo	STS	500	6023
132	615	Alessandria Nord - Valenza	Triangolo	STS	500	10146
132	485	Castelnuovo - Mede	Triangolo	STS	500	10942
132	617	Michelin Spinetta - Castelnuovo Scrivia	Triangolo	STS	500	20857
132	669	Alessandria Nord - Alessandria	Triangolo	STS	500	8527
132	616	SARPOM Alessandria - Spinetta Mgo - Alessandria Sud	Triangolo	STS	500	8652
132	65	Castelnuovo - Pontecurone	Triangolo	STS	500	4213
132	159	Rivanazzano - Castelnuovo				
132	154	- Voghera CP	Doppia terna	DTS	1000	2274
132	492	Castelnuovo - Sannazzaro	Doppia terna	DTS	1000	5588
132	619	Castelnuovo CP - Tortona	Doppia terna	DTS	1000	10629
132	38	EDISON Garlasco - EDISON Spinetta	Delta	STS	500	22102
132	39	EDISON Cairo - EDISON Spinetta	Delta	STS	500	52734
132	656	Bistagno - Vesime	Triangolo	STS	500	2581
132	661	Bistagno - Canelli	Triangolo	STS	500	4618
132	662	Acqui - Bistagno	Triangolo	STS	500	6994
132	663	Acqui - Bistagno	Triangolo	STS	500	6879
132	664	Bistagno - Spigno Centrale	Triangolo	STS	500	11919
132	885	Alessandria Nord - Aulara	Triangolo	STS	500	8367
132	612	Aulara - Frugarolo	Triangolo	STS	500	9352
132	613	Frugarolo - Novi Ligure	Triangolo	STS	500	10808
132	884	Novi Ligure - Serravalle	Triangolo	STS	500	11168
132	887	Tortona - S. Bartolomeo	Doppia terna	DTS	1000	20844
132	855	S. Bartolomeo - Roquette	Triangolo	STS	500	661
132	658	Vetri DEGO - Spigno	Triangolo	STS	500	8653
132	823	FS Arquata - CEMENTIR	Triangolo	STS	500	642
132	883	Serravalle - Vignole B.	Triangolo	STS	500	2267



TENSIONE (Kvolt)	N° TERNA	NOME	GEOMETRIA	TIPO DI TERNA	CORRENTE (Ampere)	LUNGHEZZA (metri)
132	828	Ovada - Vignole B.	Triangolo	STS	500	21151
	870					
132	823	Vignole B. - FS Arquata	Doppia terna	DTS	1000	1429
132	856	S. Bartolomeo - Vignole B.	Doppia terna	DTS	1000	8056
132	609	Casale - Cereseto	Triangolo	STS	500	11123
132	610	Balzola - Casale	Triangolo	STS	500	9614
132	938	FS Mortara - FS Valenza	Triangolo	STS	500	4435
132	940	FS S. Damiano - FS Solero	Triangolo	STS	500	11521
132	939	FS Solero - FS Valenza	Triangolo	STS	500	16805
132	657	Valenza - FS Valenza	Triangolo	STS	500	1802
132	942	FS Solero - FS Novi Ligure	Triangolo	STS	500	27144
132	943	FS Novi Ligure-FS Arquata	Triangolo	STS	500	13629
132	944	FS Arquata-FS Ronco S.	Triangolo	STS	500	7013

Fig. 3.1.1: Classificazione delle linee a 380, 220 e 132kV presenti sul territorio provinciale sulla base dei dati tecnici inseriti nel catasto informatizzato.

Le tipologie di terna, che corrispondono a delle configurazioni standard adottate in Italia, sono indicate con sigle di cui si riporta di seguito il significato [12]

TIPO DI TERNA	
STS = Singola terna semplice	Configurazione a tre conduttori singoli che può essere simmetrica (delta) o asimmetrica (triangolo) rispetto al sostegno
STB = Singola terna binata	Configurazione a tre conduttori in cui ciascuno è formato da due cavi abbinati
STT = Singola terna trinata	Configurazione a tre conduttori in cui ciascuno è formato da tre cavi abbinati
DTS = Doppia terna semplice	Configurazione a sei conduttori singoli simmetrica rispetto al sostegno

I valori di corrente riportati in tabella si riferiscono alle normali condizioni di esercizio (portata in corrente in servizio normale secondo la Norma CEI 11-60) [9] che sono stati comunicati da Terna S.p.A. in qualità di gestore della maggior parte delle linee a 132-220-380kV. Per quanto riguarda le linee a 132kV, parte di competenza Terna e parte di altri gestori, non è stato possibile reperire i dati effettivi di corrente per cui si è optato per la scelta di attribuire una portata di corrente pari a 500A per le singole terne e una portata di corrente doppia, pari a 1000A, per le doppie terne. Tale scelta, ritenuta cautelativa in quanto le letture di corrente effettuate su alcune linee a 132kV risultano tutte inferiori a tali valori, è desunta da dati di letteratura e tiene conto della Norma CEI sopra citata che indica per le linee 132kV una portata in corrente in servizio normale di 675A.

Studio delle criticità per le linee elettriche ad alta tensione in Provincia di Alessandria

3

Dall'analisi dell'archivio informatizzato completato con le suddette informazioni è emerso che sulla Provincia di Alessandria insistono complessivamente **657Km di elettrodotti a 380, 220 e 132 kV** di cui il 70% è costituito da linee a 132kV, mentre il restante 30% si divide tra le restanti linee a tensione maggiore.

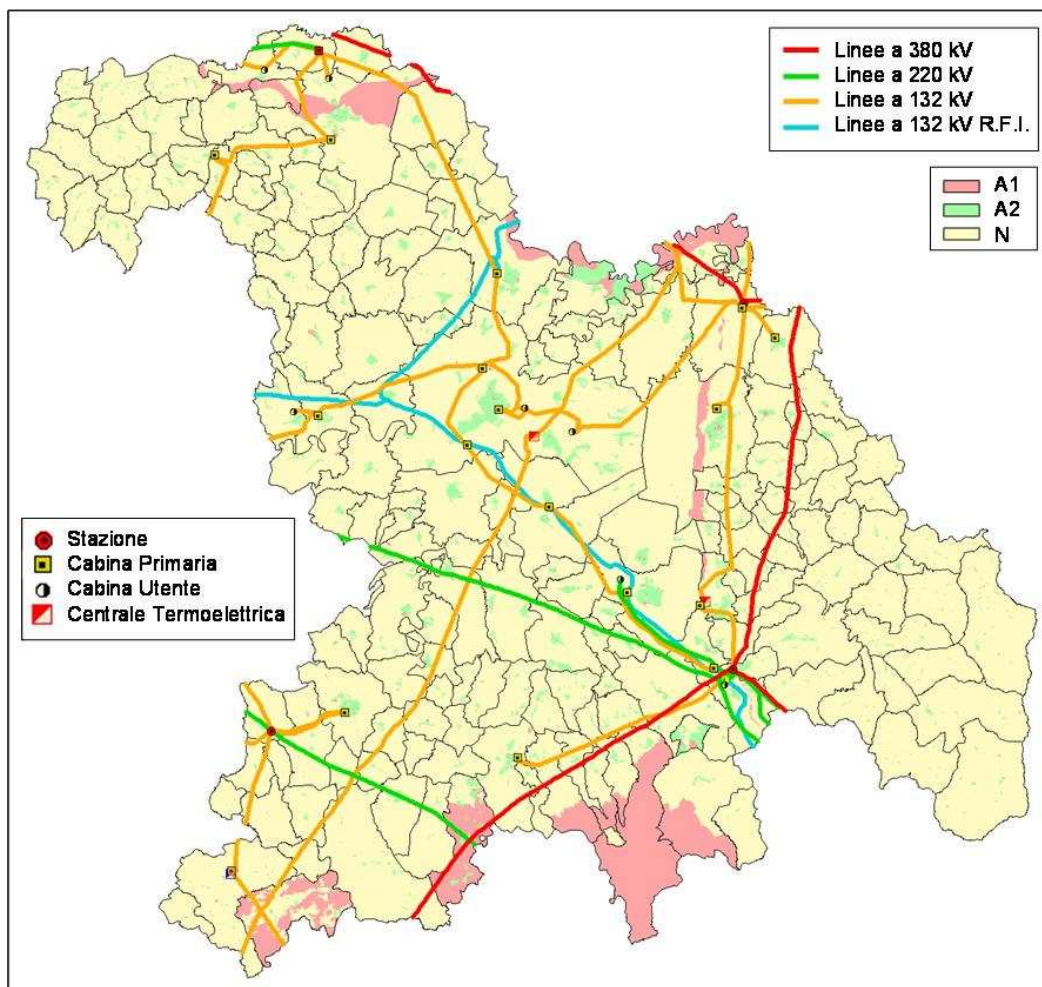


Fig. 3.1.2 - Provincia di Alessandria: Linee elettriche ad alta tensione e Carta di Idoneità Elettromagnetica.

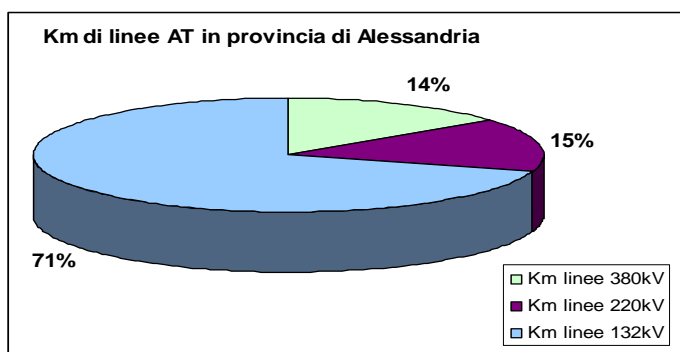


Fig. 3.1.3 - Sviluppo delle linee elettriche ad alta tensione suddiviso per tensione di esercizio.



3.2 CLASSIFICAZIONE DELLA CRITICITÀ DELLE LINEE SULLA BASE DEGLI INDICATORI AMBIENTALI PRESSIONE – STATO – RISPOSTA

Sulla scorta dei dati raccolti è stato possibile analizzare l'inquinamento elettromagnetico da linee A.T. sulla base degli **indicatori ambientali pressione – stato – risposta** [3] [4] così definiti per la tematica in questione:

Indicatore di Pressione

- **Estensione della linea elettrica** per unità di area coperta dalla linea stessa (Km/Km²)

Indicatore di Stato

- **Stima del campo magnetico** a 50Hz calcolato come proiezione a terra dei livelli emessi dalla linea secondo le formule analitiche approssimate indicate nella Norma CEI 106-11 [] ad individuare 3 fasce di impatto
 - **FASCIA 1:** campo magnetico $B \geq 3\mu T$
 - **FASCIA 2:** campo magnetico B compreso tra $1.5 \mu T$ e $3 \mu T$
 - **FASCIA 3:** campo magnetico B compreso tra $0.5 \mu T$ e $1.5 \mu T$

e **valutazione della criticità della linea** sulla base dell'edificato intercettato dai corridoi di impatto

Indicatore di Risposta

- **Numero di interventi di misura effettuati** sulla base delle criticità emerse dai fattori di pressione e di stato

3.2.1 Sviluppo delle linee elettriche come indicatore di Pressione

Per quanto riguarda i fattori di pressione è stato dunque calcolato lo sviluppo in Km degli elettrodotti in rapporto all'area di ciascun comune come illustrato nelle figure sotto.

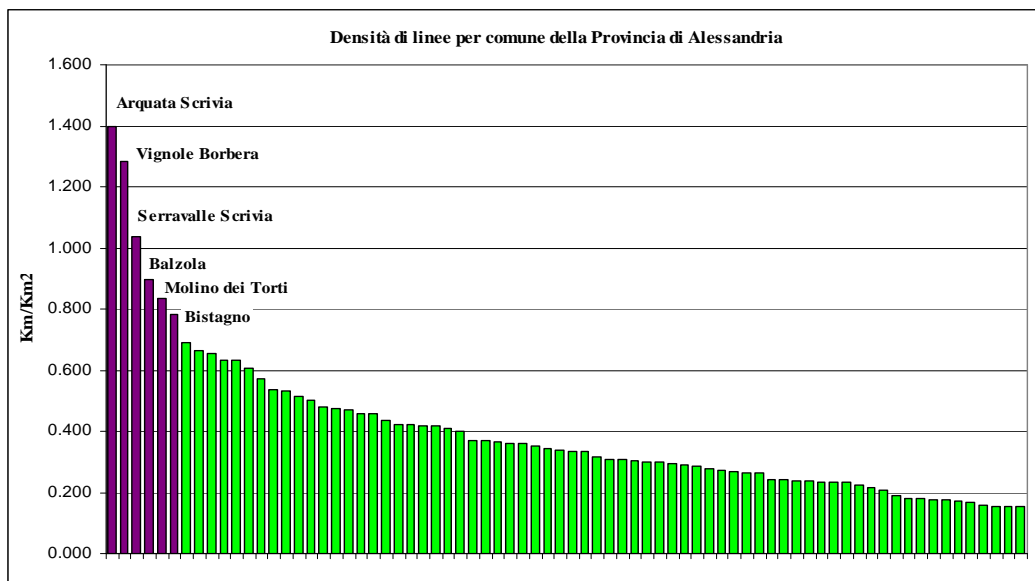


Fig. 3.2.1 - Densità di linee come indicatore di pressione calcolata per ciascun comune (Km/Km²)

Studio delle criticità per le linee elettriche ad alta tensione in Provincia di Alessandria

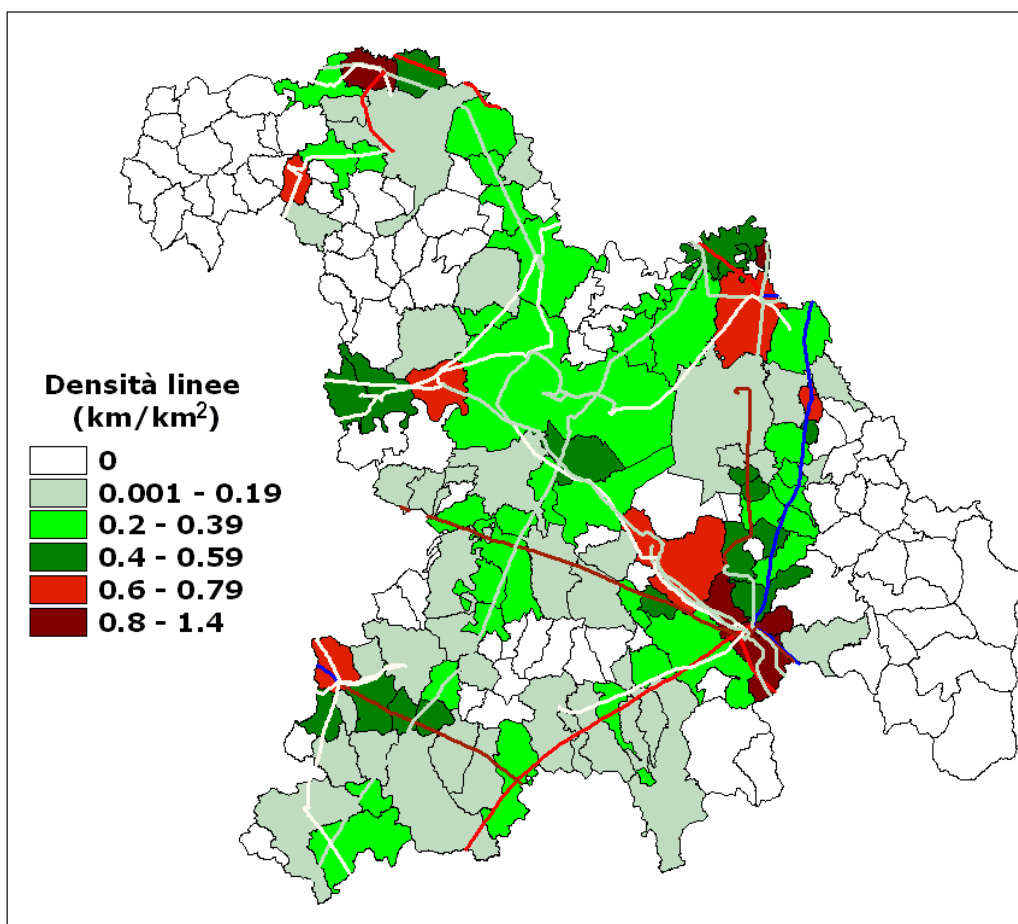


Fig. 3.2.2 - Provincia di Alessandria: cartografia dei comuni a maggior densità di linee (Km/Km²)

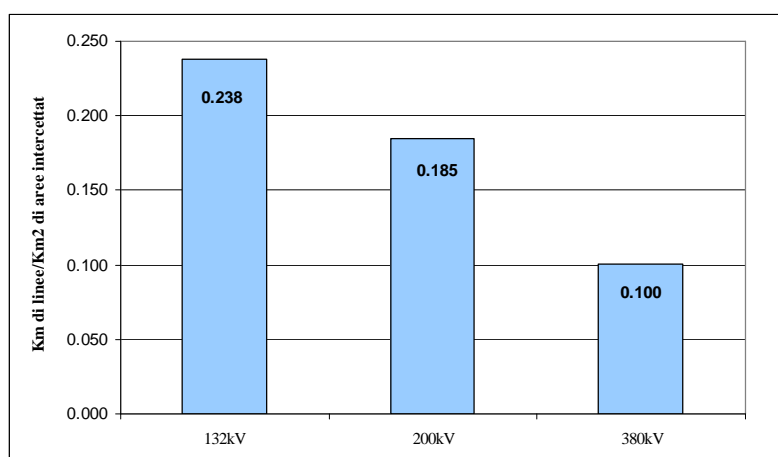


Fig. 3.2.3 - Km di linee elettriche per unità di area suddivisi per tensione di esercizio

Dalle figure emerge come alcuni Comuni (Arquata Scrivia, Vignole B.ra, Serravalle Scrivia, Balzola, Molino de Torti, Bistagno) presentino le maggiori pressioni essendo interessati da una vasta estensione di linee (figg. 3.2.1 e 3.2.2) e come le linee a 132kV siano più diffuse rispetto a quelle a 220 e 380kV (fig. 3.2.3).



3.2.2 Definizione delle fasce di impatto e della DPA degli elettrodotti come Indicatore di Stato

Come indicatore di stato è stato definito l'impatto di ciascun elettrodotto mediante il calcolo delle sue emissioni di campo magnetico a 50Hz e la definizione di **corridoi o fasce di impatto** a terra ottenute mediante calcolo teorico sulla base dei dati geometrici, strutturali e di carico elettrico di ciascuna linea. Per ogni elettrodotto sono state delineate 3 fasce di impatto:

- **Fascia 1:** spazio circostante l'elettrodotto che comprende tutti i punti caratterizzati da un campo magnetico di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità di $3 \mu\text{T}$ previsto dalla normativa vigente [2].
- **Fascia 2:** spazio circostante l'elettrodotto che comprende tutti i punti caratterizzati da una induzione magnetica di intensità compresa tra l'obiettivo di qualità di $3 \mu\text{T}$ e la metà del suo valore ($1.5 \mu\text{T}$).
- **Fascia 3:** spazio circostante l'elettrodotto che comprende tutti i punti caratterizzati da una induzione magnetica di intensità compresa tra $1.5 \mu\text{T}$ e $0.5 \mu\text{T}$, valore quest'ultimo ritenuto cautelativo secondo il principio di "**prudent avoidance**" adottato dall'OMS.[11][14]

Per la determinazione dell'ampiezza delle fasce di rispetto si sono utilizzate le formule analitiche approssimate indicate nella Norma CEI 106-11 [8]; tali formule permettono il calcolo del campo magnetico ad una data distanza dal centro geometrico dei conduttori della linea elettrica o, in maniera inversa, permettono di stimare la distanza da tale centro geometrico a cui si verifica un prefissato valore di campo. Il calcolo della Fascia1 secondo le metodiche adottate viene a coincidere con la **DPA (Distanza di Prima Approssimazione)** definita dal D.M.A. 29/05/08 [5]. La distanza di prima approssimazione è definita come "la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea, che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più della DPA si trovi all'esterno delle fasce di rispetto" dove per fascia di rispetto si intende "lo spazio circostante un elettrodotto, che comprende tutti i punti al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da una induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità". Ovvero la **DPA così come la Fascia 1 delineano la zona al di sotto dell'elettrodotto che presenta un livello di campo magnetico superiore all'obiettivo di qualità di $3 \mu\text{T}$** . Secondo il D.M.A. 29/05/08, all'interno di tale fascia, non è più possibile edificare.

Di seguito si riportano le formule utilizzate per il calcolo delle fasce di rispetto per le configurazioni di linee maggiormente diffuse sul territorio dove le curve di isolivello dell'induzione magnetica sono dei cerchi aventi per centro il centro geometrico dei conduttori e l'ampiezza delle fasce 1-2-3 di impatto viene a coincidere con il raggio R delle circonferenze calcolate secondo le formule di seguito riportate assumendo come valore di B rispettivamente $3.0 - 1.5 - 0.5 \mu\text{T}$ [12] [13]. Per le linee aeree trifase a semplice terna con configurazione a delta con conduttori disposti in piano, R è dato da:

$$R = 0.59 \cdot \frac{\sqrt{S_1 \cdot I}}{\sqrt{B}}$$

Per le linee aeree trifase a semplice terna configurazione a triangolo con conduttori disposti ai vertici di un triangolo equilatero, R è dato da:

$$R = 0.49 \cdot \frac{\sqrt{S_2 \cdot I}}{\sqrt{B}}$$

Per le linee aeree trifase a doppia terna con configurazione simmetrica, fasi omologhe affiancate e correnti uguali concordi, R è dato da:

$$R = 0.59 \cdot \frac{\sqrt{2 \cdot S_3 \cdot I}}{\sqrt{B}}$$

Il significato dei simboli nelle formule è il seguente:

R = distanza dal centro geometrico dei conduttori (m) per un dato valore di B

I = portata in corrente in servizio normale come previsto dalla Norma CEI 11-60 (A) [9]

B = campo magnetico (μT)

S_1 = media delle distanze in metri dei conduttori esterni (a,c) da quello centrale (b) in fig.5 – foto(1)

S_2 = media delle distanze tra i tre conduttori in fig.5 – foto(2)

S_3 = media delle distanze dei conduttori superiori ed inferiori (a,c) da quello centrale (b) in fig.5 – foto(3).

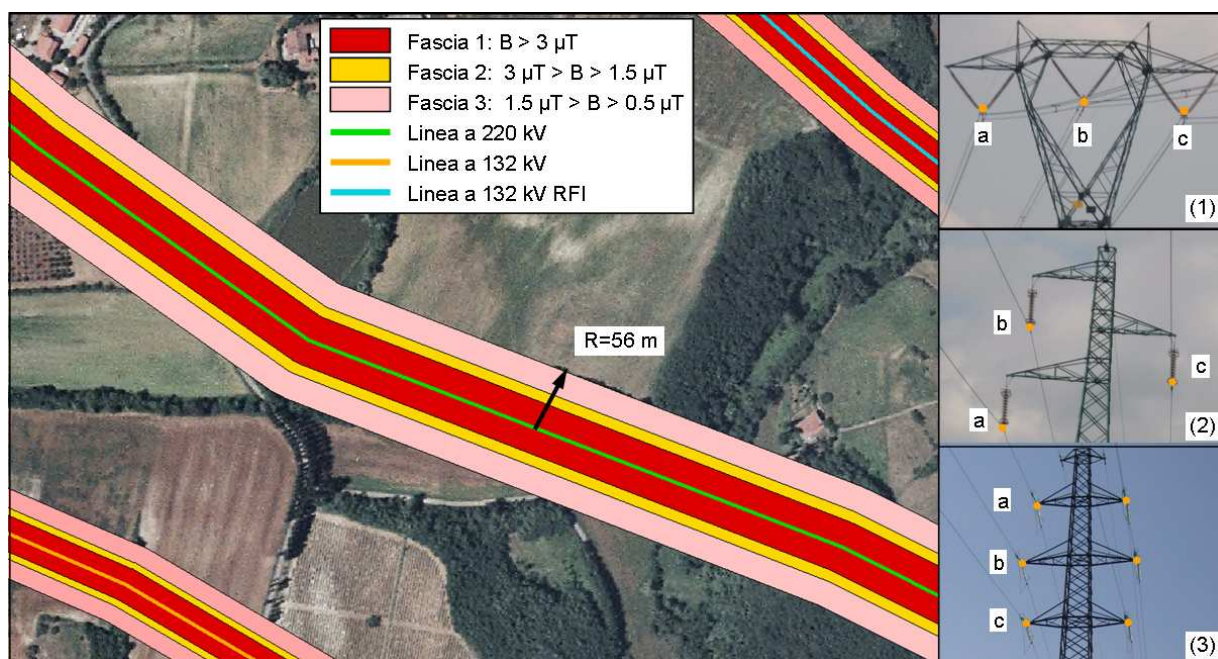


Fig. 3.2.4 - Configurazioni geometriche tipo dei conduttori e parametri per il calcolo delle fasce di rispetto.



I valori numerici di S si sono ricavati da configurazioni geometriche tipo dei conduttori indicate nelle tabelle unificate UNI come riportato in Fig. 3.2.5. [12]

Tensione (kV)	Sostegni	Disposizione conduttori (m)				
		X	Y	X ₁	Y ₁	X ₂
132	delta	-4.7	6.3			
		0	6.3			
		4.7	6.3			
	triangolo	-2.9	10.3			
		3.0	8.3			
		-3.3	6.3			
	doppia terna			-3.0	15.7	3.0
				-3.6	11	3.6
				-4.2	6.3	4.2
220	delta	-8.2	6.8			
		0	6.8			
		8.2	6.8			
	triangolo	-4.3	12.2			
		4.4	9.5			
		-5.3	6.8			
	doppia terna			-4.3	17.6	4.3
				-5.8	12.2	5.8
				-4.8	6.8	4.8
380	delta	-7.4	11.3			
		0.0	11.3			
		7.4	11.3			
	doppia terna			-5.5	28.5	5.5
				-7	19.3	7
				-4.8	11.3	4.8

Fig. 3.2.5 - Configurazioni geometriche dei conduttori utilizzate nel calcolo delle Dpa (X = sbraccio; Y = altezza dal suolo) come da Tabelle unificate UNI

Il metodo sopra descritto ha permesso la stima degli impatti per tutte le linee e la definizione della DPA. In tabella 2 se ne riportano alcuni calcoli per le linee a 220 e 308 kV.

Tensione	N° terna	Denominazione	Dist. cavi (m)	Corrente (A)	DPA (m)
380 kV	349	Castelnuovo - Trino	7.4	2310	44
	351	Castelnuovo - Vignole B.	7.4	2310	44
	383	Castelnuovo - Baggio	7.4	2310	44
	393	Vado Ligure - Vignole B.	7.4	1591	37
	394	Spezia Stazione - Vignole B.	7.4	1376	34
220 kV	245	Casanova - Vignole B.	8.2	558	23
	246	ILVA Novi L. - Novi Ligure	8.2	558	19
	262	Morigallo - Vignole B.	8.2	1467	37
	263	Bistagno - Casanova	8.2	882	24
	264	Bistagno - Erzelli	8.2	794	23
	265	ILVA Novi L. - Vignole B.	8.2	558	23
	270	Balzola - Trino Nucl.	8.2	658	21
	277	Erzelli - Vignole B.	8.2	710	26
	283	S.Colombano - Vignole B.	8.2	558	23

Fig. 3.2.6 - Calcolo della DPA per le linee a 380 e 220 kV .

3.2.3 Elaborazione degli indicatori di risposta. Stima delle criticità e criteri di controllo

Una volta calcolata la DPA e le altre fasce di impatto si è proceduto a verificare la percentuale di edificato intercettato dalle varie fasce in modo tale da stimare la criticità della linea in relazione alla popolazione potenzialmente esposta assegnando un indice di criticità ad ogni elettrodotto.

Per prima cosa è stata attribuita alle linee AT un **Classe di Impatto**, indicata con **C_I** sulla base dell'ampiezza della DPA e quindi dipendente dalla corrente di esercizio e dalla configurazione della linea. Alla **C_I** sono stati attribuiti tre valori ad indicare il crescente grado di impatto della linea:

Ampiezza della DPA della linea	Classe C _I di impatto
< 20 m	1
tra 20 e 30 m	2
>= 30m	3

Per la stima della popolazione esposta è stato quindi definito un **Indice di Esposizione** denominato **I_E** definito come:

$$I_E = \frac{A_E}{A_F} \times 100$$

Dove

A_E corrisponde alla **superficie edificata complessiva** che ricade entro il corridoio di impatto occupato dalla fascia 3 per ciascuna linea

A_F corrisponde alla **superficie coperta dal corridoio di impatto** occupato dalla fascia 3 per ciascuna linea come mostrato in Fig.3.2.7



Fig. 3.2.7- Esempio di classificazione di una linea a 220kV con indicazione di C_I, A_E e A_F



Il prodotto dei due indici fornisce l'**Indice di Criticità complessivo I_C** della linea che riassume sia l'impatto legato alle sue emissioni potenziali sia quello legato alla presenza di popolazione esposta.

$$I_C = C_I \times I_E$$

Assegnando un I_C univoco a ciascuna linea si ottiene infine la classificazione delle linee in base alla loro criticità.

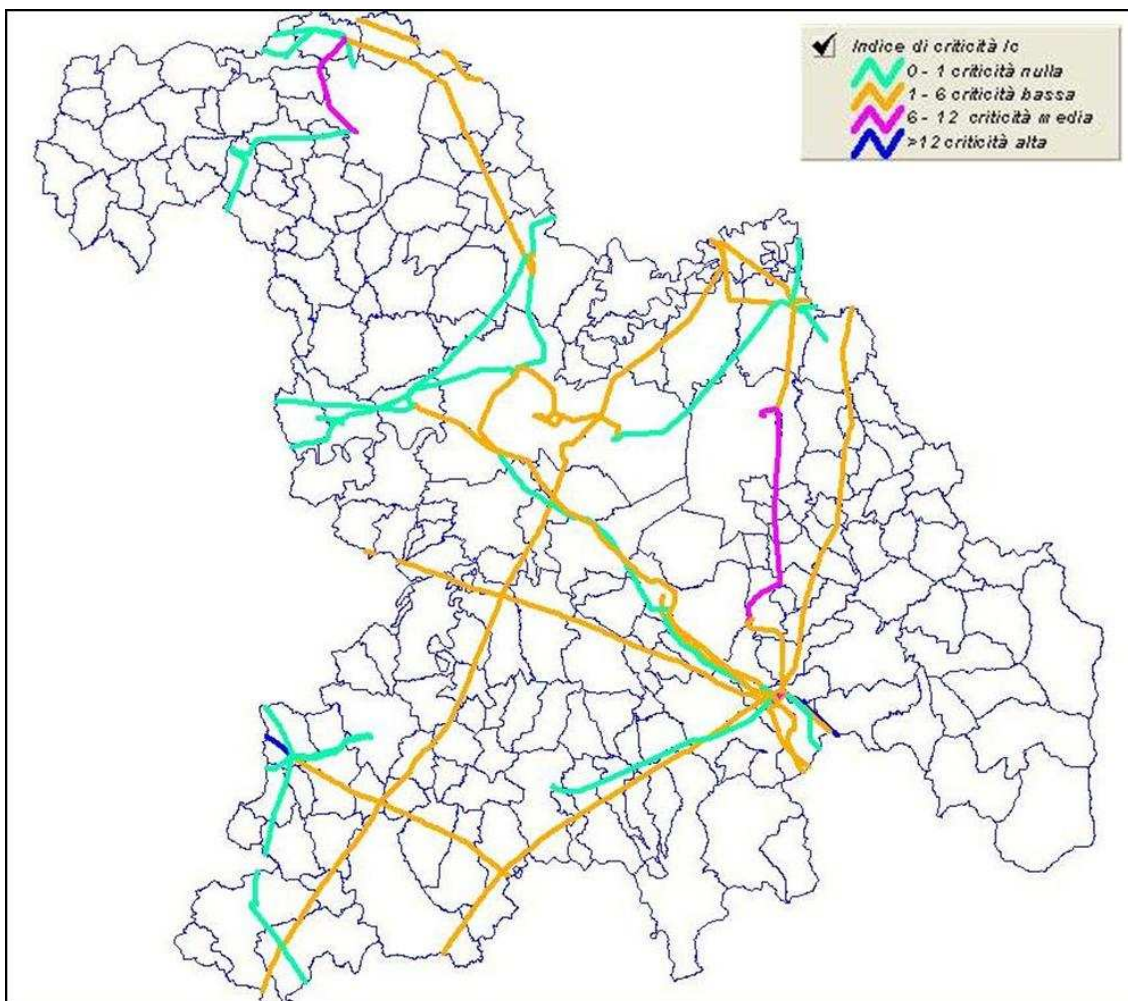


Fig. 3.2.8 - Provincia di Alessandria - cartografia delle linee A.T. classificate per grado di criticità

Uno dei risultati interessanti dello studio è che non tutte le linee a medio-alta criticità corrispondono a quelle a maggior tensione; anzi vi sono linee a 380kV classificate come bassa criticità e linee a 132kV classificate come media criticità. Le linee che hanno avuto la classificazione di massima criticità sono due: la **T263 a 220kV Casanova – Bistagno** e la **T394 a 380kV Vignole – Spezia** come riportato nella tabella sotto.

Studio delle criticità per le linee elettriche ad alta tensione in Provincia di Alessandria



TENSIONE (kV)	TERNA N°	CLASSE DI IMPATTO Ci	INDICE DI ESPOSIZIONE IE	INDICE DI CRITICITA' COMPLESSIVO Ic	GIUDIZIO
220	263	2	30.82	61.6	Criticità ALTA
380	394	3	5.61	16.8	
132	610	1	11.92	11.9	Criticità MEDIA
132	887	2	5.81	11.6	
132	870	2	4.64	9.3	
132	657	1	5.37	5.4	Criticità BASSA
132	616	1	4.86	4.9	
132	669	1	4.69	4.7	
380	351	3	1.55	4.7	
220	245	2	2.18	4.4	
132	943	1	3.23	3.2	
220	283	2	1.53	3.1	
132	38	1	2.87	2.9	
380	393	3	0.95	2.9	
132	944	1	2.70	2.7	
132	823	1	2.53	2.5	
220	264	2	1.02	2.0	
220	265	2	0.90	1.8	
132	485	1	1.72	1.7	
220	262	3	0.54	1.6	
132	619	2	0.81	1.6	
220	246	1	1.57	1.6	
132	39	1	1.57	1.6	
132	885	1	1.34	1.3	
132	855	1	1.25	1.3	
132	856	2	0.58	1.2	
132	942	1	1.11	1.1	
380	349	3	0.35	1.1	
132	614	1	1.02	1.0	Criticità NULLA
132	662	1	0.96	1.0	
132	609	1	0.81	0.8	
132	939	1	0.69	0.7	
220	277	2	0.33	0.7	
132	663	1	0.63	0.6	
132	884	1	0.60	0.6	
132	661	1	0.59	0.6	
132	615	1	0.55	0.6	
132	664	1	0.55	0.6	
132	883	1	0.49	0.5	
132	938	1	0.44	0.4	
132	828	1	0.40	0.4	
132	666	1	0.38	0.4	
132	658	1	0.33	0.3	
132	668	1	0.31	0.3	
132	656	1	0.31	0.3	
132	492	2	0.12	0.2	
132	65	1	0.15	0.2	



TENSIONE (kV)	TERNA N°	CLASSE DI IMPATTO Ci	INDICE DI ESPOSIZIONE IE	INDICE DI CRITICITA' COMPLESSIVO Ic
132	612	1	0.15	0.2
132	613	1	0.11	0.1
132	617	1	0.08	0.1
132	611	1	0.05	0.1
132	940	1	0.04	0.0
132	608	1	0.03	0.0
380	383	3	0.00	0.0
220	270	2	0.00	0.0
132	620	1	0.00	0.0
132	655	1	0.00	0.0
132	562	1	0.00	0.0
132	159	2	0.00	0.0

Fig. 3.2.9 – Classificazione della criticità per le linee AT in Provincia di Alessandria

Dallo studio delle criticità emerge che le linee a **criticità medio-alta** sono solo **5** per una lunghezza complessiva di 40.5Km su un totale di 657Km di linee presenti sul territorio provinciale che corrisponde al 6% dello sviluppo totale delle linee sul territorio.

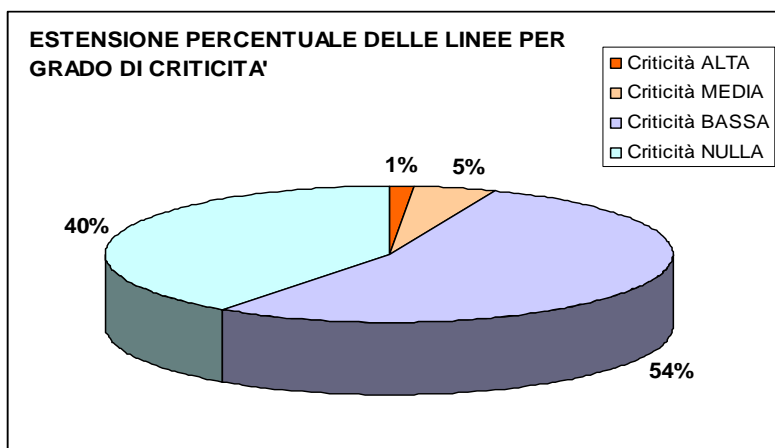


Fig. 3.2.10 – Criticità delle linee in relazione alla loro estensione.

Se consideriamo una suddivisione in termini di tensione di esercizio, risulta che rientra nella criticità medio-alta il 6% delle linee a 132kV, il 12% delle linee a 220kV e il 20% delle linee a 380kV a conferma che le maggiori criticità riguardano le linee a maggior tensione anche se meno presenti sul territorio. La maggiore criticità in assoluto si ha per **la linea N°263 Casanova – Bistagno** che, pur non avendo carichi di corrente particolarmente elevati ed avendo una estensione limitata, tuttavia presenta un impatto notevole su alcuni centri abitati, in particolare nella zona di Bistagno, con campate molto vicine a zone edificate e residenziali. Per tale linea sono stati previsti controlli mirati come illustrato più avanti. Anche le linee a 132kV, soprattutto le due doppie terne presenti sul territorio, risultano essere critiche poiché intercettano centri abitati ed una percentuale di edificato significativa.

Studio delle criticità per le linee elettriche ad alta tensione in Provincia di Alessandria

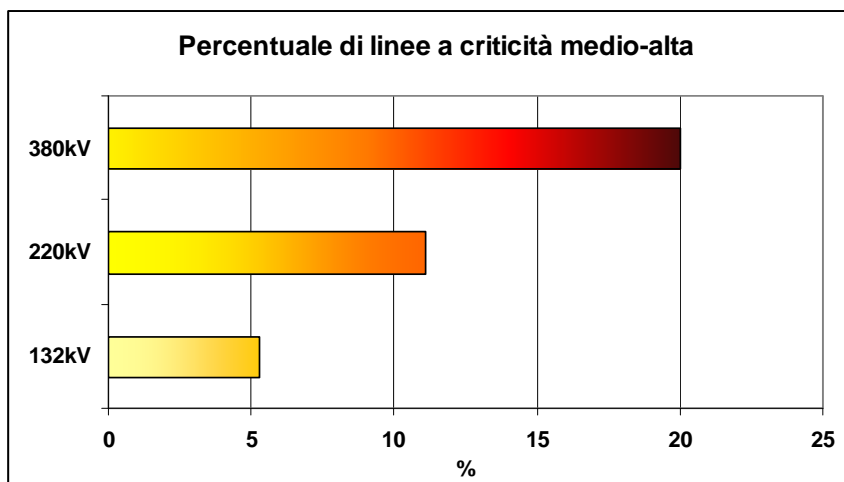


Fig. 3.2.11 – Percentuale di linee a criticità medio-alta in relazione alla tensione di esercizio.

TENSIONE (kV)	TERNA N°	NOME	TIPO DI TERNA	DPA (m)	CORRENTE (Ampere)	LUNGHEZZA (metri)
220	263	Bistagno - Casanova	STB	24	882	2800
380	394	Spezia - Vignole B.	STS	34	1376	5803
CRITICITA' ALTA						
132	610	Balzola - Casale	STS	15	500	9614
132	887	Tortona - S. Bartolomeo	DTS	23	1000	20844
132	870	Vignole B. - FS Arquata	DTS	23	1000	1429
CRITICITA' MEDIA						

Fig. 3.2.12 – Dettaglio delle linee maggiormente critiche della provincia di Alessandria

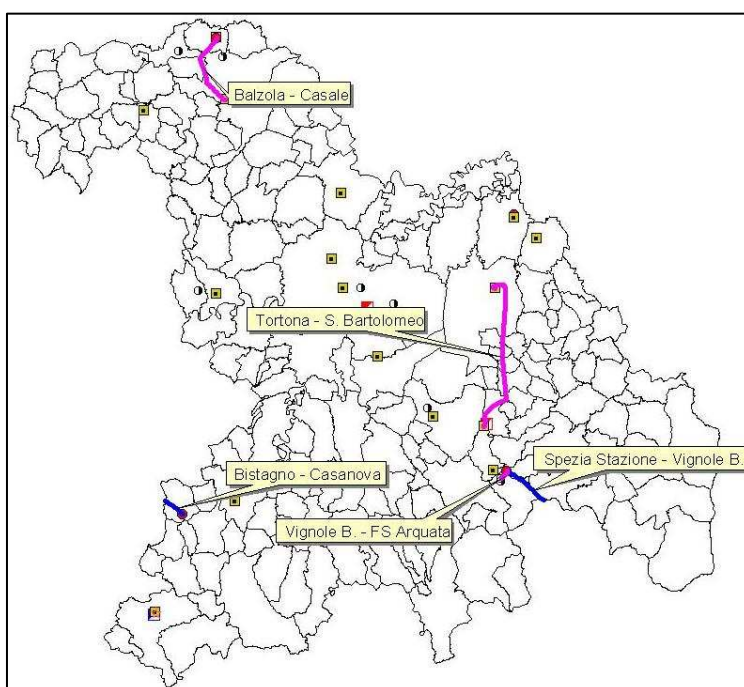


Fig. 3.2.13 –Cartografia delle linee a criticità medio-alta nella Provincia di Alessandria



Una volta classificate le linee si è proceduto alla definizione dei criteri di intervento per stabilire il numero e la localizzazione delle misure di campo elettrico e induzione magnetica.

Le misure sono state differenziate sia come numero che come tipologia a seconda dell'impatto della linea sopra definito e del grado di sensibilità del territorio riportato nella carta **C.I.E. (Carta di Idoneità Elettromagnetica)** [7] e indicato dalle aree **A1**, **A2** e **N** così definite:

- **Aree di attenzione di primo livello (A1):** caratterizzate dalla presenza di ricettori sensibili (scuole, ospedali, luoghi per l'infanzia) o aree di pregio ambientale. In tali aree sono state previste misure presso tutti i ricettori sensibili (scuole, ospedali, luoghi per l'infanzia) o le aree di pregio ambientale situate all'interno delle fasce di rispetto. Nel caso delle Fasce 1 e 2 sono previste misure di induzione magnetica su un periodo di almeno 24 ore, permettendo quindi di valutare la variabilità temporale del livello di campo nel punto di misura.
- **Aree di attenzione di secondo livello (A2):** aree ad uso esclusivamente o prevalentemente residenziale, ad elevata densità abitativa o altamente frequentate. In tali aree sono state previste misure di induzione magnetica presso tutti i ricettori situati all'interno della Fascia 1; nel caso delle Fasce 2 e 3 sono state previste ulteriori misure volte a caratterizzare l'area in esame.
- **Aree neutre (N):** la restante parte del territorio. In tali aree sono state previste misure di induzione magnetica solamente all'interno della Fascia 1.

Sono stati previste inoltre, per ciascuna linea, alcune misure di campo magnetico a 50Hz a varie distanza dalla linea in corrispondenza della fasce stimate in modo tale da valutare il reale decadimento del campo; infine sono state previste misure di campo elettrico per la verifica del rispetto dei limiti di legge al di sotto delle linee a più alta tensione nei punti maggiormente critici.

Lo studio preliminare sin qui illustrato ha dunque permesso di pianificare un **monitoraggio di 160 aree** distribuite su **34 Comuni** con **500 misure di campo elettrico e magnetico** in ambiente abitativo ed esterno differenziate in relazione all'impatto delle linee e al grado di vulnerabilità e antropizzazione del territorio.

Le azioni di monitoraggio





4. Le azioni di monitoraggio

La seconda fase dello studio ha previsto una campagna di monitoraggio dell'inquinamento elettromagnetico sul territorio mediante misure di campo elettrico e magnetico a 50Hz sulla base delle criticità emerse. In tutto sono state effettuate circa **500 misure di campo elettrico e magnetico** che hanno riguardato **160 aree** della Provincia distribuite su **34 Comuni**. Le misure sono state effettuate sia in ambiente abitativo che esterno differenziate in relazione all'impatto delle linee e al grado di vulnerabilità e antropizzazione del territorio.

4.1 STRUMENTAZIONE E METODOLOGIA DI MISURA

Le misure sono state effettuate mediante utilizzo di sonde isotrope a banda larga dotata di filtri selettivi in frequenza e in grado di fornire le componenti del campo elettrico o magnetico a 50Hz nelle tre coordinate spaziali.

La strumentazione utilizzata è la seguente:

- Misuratore di campo magnetico a bassa frequenza **Wandel&Goltermann EFA-3**, corredato di sensore isotropo tarato e certificato con le seguenti caratteristiche tecniche:

- **Intervallo dinamico:** 10nT – 10 mT
- **Range di frequenza:** 5 Hz - 30 kHz



Fig.4.1 – Misuratore EFA3

- Misuratore di campo elettromagnetico **PMM 8053** corredato di sonda isotropa di campo elettrico e magnetico mod. **PMM EHP-50C** tarato e certificato in grado di funzionare in modalità non assistita per acquisizione in continuo sulle 24ore, con le seguenti caratteristiche tecniche:

- **Intervallo dinamico campo elettrico:** 0.01 V/m – 100 kV/m
- **Intervallo dinamico campo magnetico:** 1nT – 10 mT
- **Range di frequenza:** 5 Hz - 100 kHz

Le metodiche di misura sono ispirate a quanto prescritto dalla Norma **CEI 211-6** "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz – 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana"[10]

Per ciascun punto di misura sono state rilevate le coordinate UTM secondo il sistema geodetico ED1950 utilizzando lo strumento GPS palmare **Garmin eTrex** con precisione dell'ordine del metro.

Le azioni di monitoraggio

4.2 MISURE DI CAMPO MAGNETICO A 50Hz

Le misure di campo magnetico a 50Hz hanno riguardato **34 Comuni** della provincia che presentavano le maggiori criticità secondo i criteri esposti nel precedente capitolo. Nelle aree dei Comuni selezionati ricadenti nelle fasce di impatto delle linee a maggiore criticità sono state pianificate circa **490 misure di campo magnetico a 50Hz**.

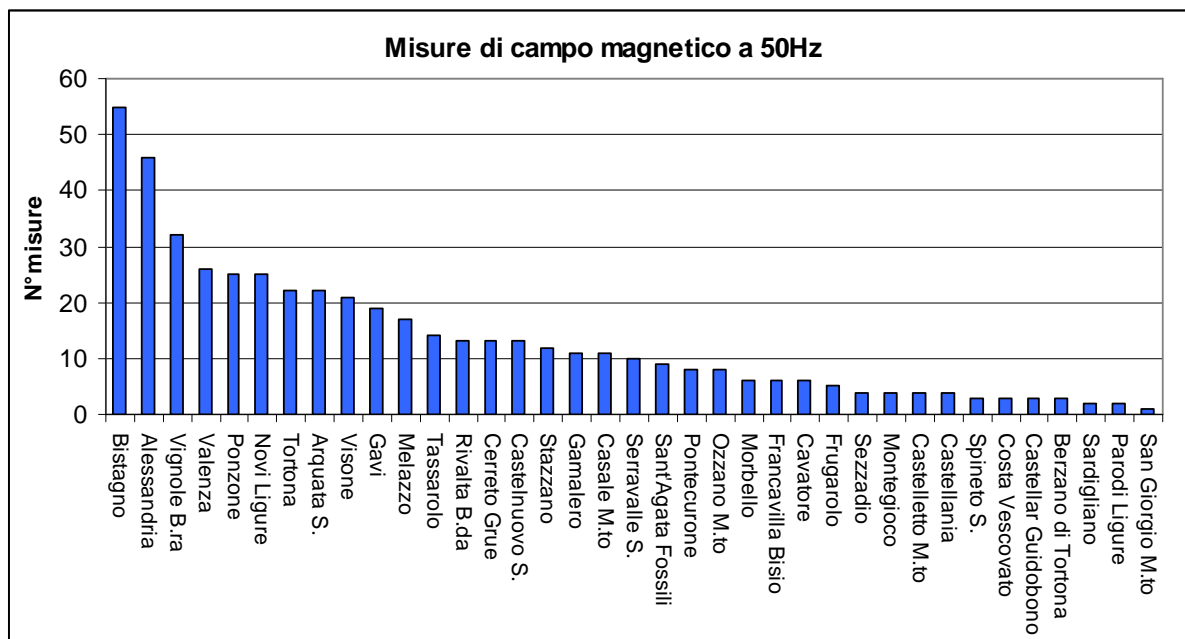


Fig. 4.2.1 – Distribuzione delle misure di campo magnetico per Comune

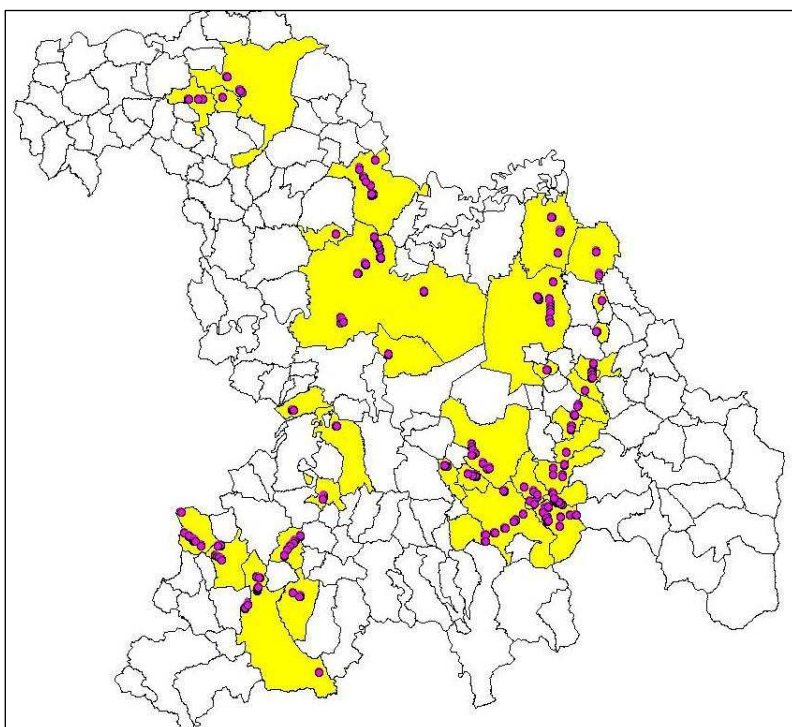


Fig. 4.2.2 - Provincia di Alessandria: distribuzione delle misure di campo magnetico a 50Hz.



La maggior parte delle misure è stata effettuata nelle aree maggiormente antropizzate dove vi era la maggior interferenza tra fascia di impatto della linea e presenza di edificato, con particolare attenzione agli edifici residenziali e ai luoghi per l'infanzia. In Figg 4.2.3 e 4.2.4 sono riportati due esempi di misure effettuate in presenza di edificato ricadente nelle fasce di impatto della linea a 220kV T245 e della linea a 132kV T615.

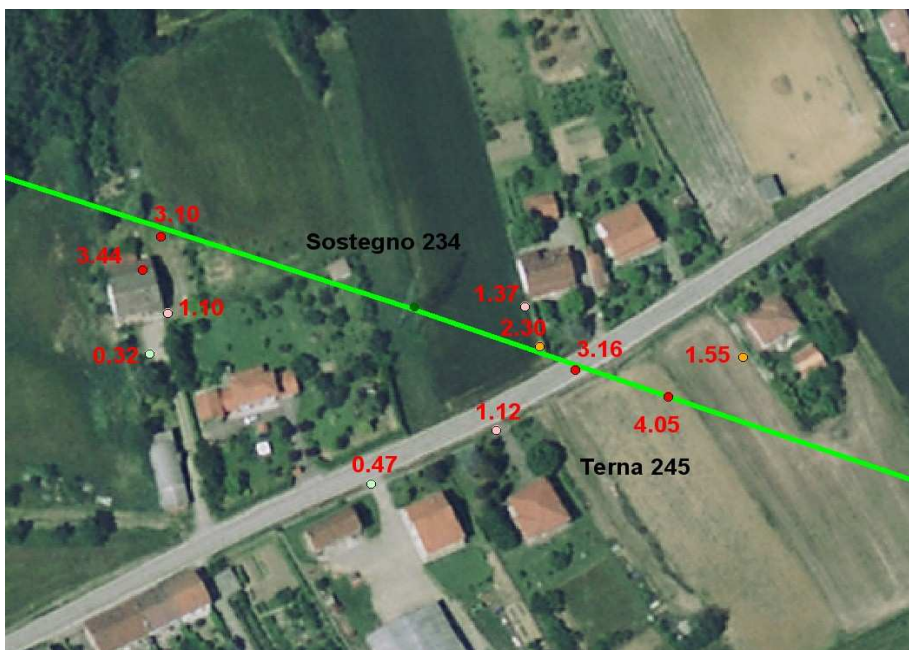


Fig. 4.2.3 - Comune di Gamalero – misure in fraz. San Rocco



Fig. 4.2.4 - Comune di Alessandria – misure in fraz. Valmadonna

Le azioni di monitoraggio

Le misure, effettuate rilevando il valore di induzione magnetica alla frequenza di 50Hz in modalità max hold a 1.5m dal suolo.

La distribuzione dei livelli di campo magnetico misurati, espressi in microTesla, è riportata in Fig 4.2.3. La maggior parte delle misure ricade al di sotto dell'obiettivo di qualità di 3 μT e solo il 13% presenta valori maggiori.

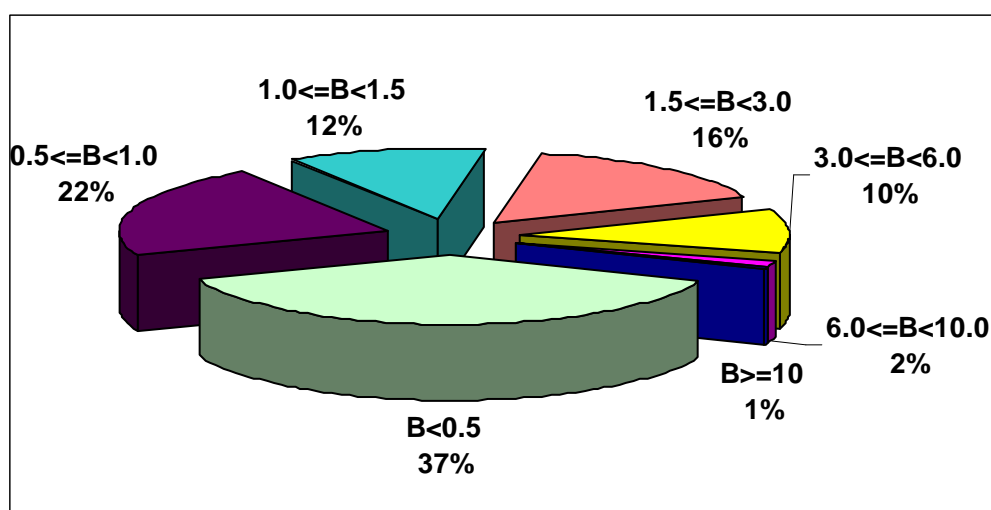


Figura 4.2.3: Distribuzione dei livelli di campo magnetico misurati (unità di misura: microTesla)

I valori più elevati di campo magnetico, superiore all'obiettivo di qualità di 3 microTesla, sono stati rilevati in 17 dei 34 Comuni monitorati. Nella figura seguente si riporta il valore massimo di campo magnetico misurato in questi Comuni. Pontecurone, Arquata S. e Vignole B.ra presentano alcuni valori superiori a 10microTesla.

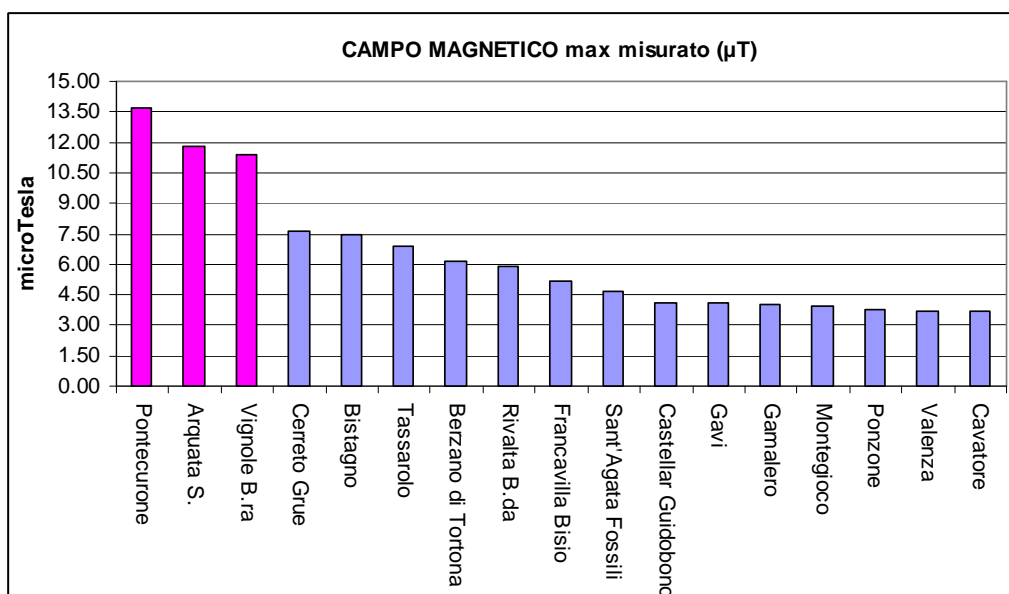


Figura 4.2.4: Comuni con valori di campo magnetico superiori a 3 microTesla



Nell'ambito delle misure in ambiente esterno in nessun caso si è comunque riscontrato un superamento del limite di legge pari a 100 microTesla.

Scorporando i valori misurati in funzione della tensione delle linee si osserva che le emissioni aumentano all'aumentare della tensione di esercizio, poichè a maggiori tensioni corrispondono di norma anche maggiori carichi di corrente. Solo in prossimità di linee a 380kV si trovano valori di campo magnetico superiori a 10 μ T, mentre per le linee a 220kV si ha solo un 3% di valori tra 3 e 6 μ T; infine in prossimità di linee a 132kV i valori si mantengono al di sotto dei 3 μ T per la quasi totalità delle misure.

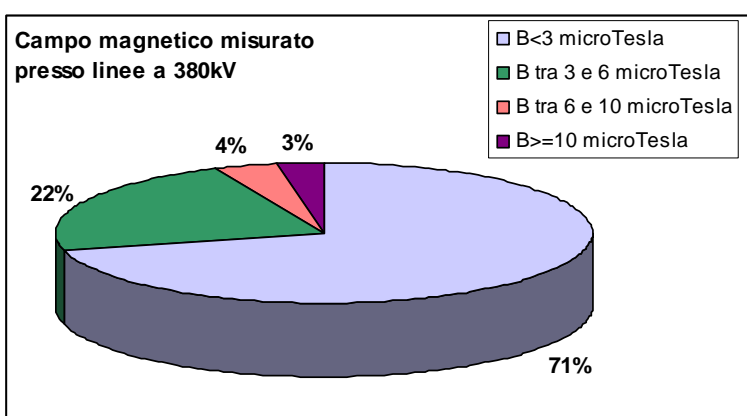


Figura 4.2.5: Distribuzione delle misure di campo magnetico in prossimità di linee a 380kV.

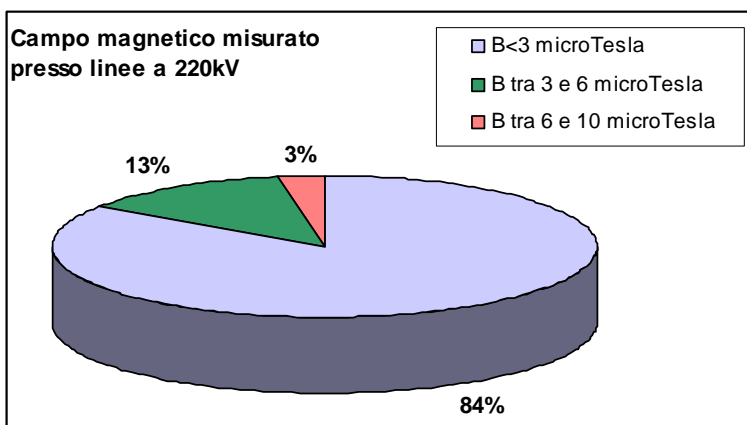


Figura 4.2.6: Distribuzione delle misure di campo magnetico in prossimità di linee a 220kV.

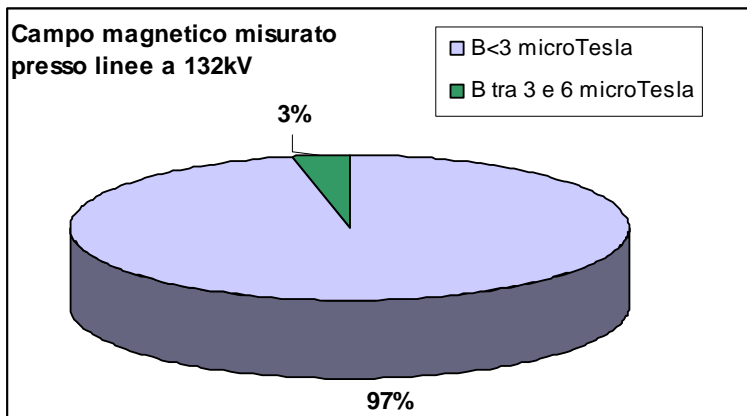


Figura 4.2.7: Distribuzione delle misure di campo magnetico in prossimità di linee a 132kV.

4.2.1 Misure di campo magnetico sulle 24ore

In tutti i casi in cui la misura di campo magnetico in prossimità di abitazioni abbia indicato valori superiori all'obiettivo di qualità di 3 μT si è proceduto ad effettuare una **misura di campo magnetico sulle 24ore all'interno delle abitazioni** più esposte per la verifica della mediana dei valori secondo quanto previsto dalla normativa vigente [2]. Sono state scelte **8 abitazioni e 1 scuola nei Comuni di Arquata Scrivia, Vignole Borbera e Bistagno** interessate dalla vicinanza con le linee N°263 a 220kV e N°394 a 380kV risultate a maggiore criticità dallo studio di impatto. Di seguito si riporta la sintesi delle misure effettuate.

Comune	Località	Terna	Induzione magnetica (microTesla)			
			min	media	max	mediana sulle 24h
Bistagno	Scuola Saracco	N°263 a 220kV	0.10	0.21	0.29	0.22
	Via 8 marzo		1.80	2.53	3.14	2.63
	Via Martiri della libertà		4.67	7.31	10.30	7.48
Vignole B.ra	località Monticelli	N°394 a 380kV	2.00	2.67	3.71	2.79
	Via Martiri della Benedicta		0.00	0.23	0.69	0.15
	Via Cavour		0.00	0.38	1.05	0.28
	Via Circonvallazione		0.12	0.32	0.51	0.33
	Via Genova		1.39	3.58	5.74	4.08
Arquata S.	Borgata Travaghero	N°394 a 380kV	0.00	1.34	3.08	1.40

Fig.4.2.1.1: Sintesi delle misure di induzione magnetica sulle 24 ore all'interno di abitazioni esposte

Alle misure si intende associato un errore del 10%.

Le modalità di misura sono state scelte al fine di poter effettuare il confronto con i limiti fissati dalla normativa e con il valore di attenzione di 10 μT fissato come mediana su 24 ore nei luoghi in cui è possibile la permanenza prolungata.

La scuola media Statale di Bistagno risulta essere l'unica scuola della Provincia ricadente nelle fasce di impatto di linee elettriche AT.

Nelle figure seguenti si riportano i tracciati delle misure di campo magnetico sulle 24ore: la strumentazione impiegata ha rilevato il valore efficace di induzione magnetica all'interno dell'abitazione ogni 60s. I grafici evidenziano l'estrema variabilità dei valori in funzione della corrente transitante sulla linea.

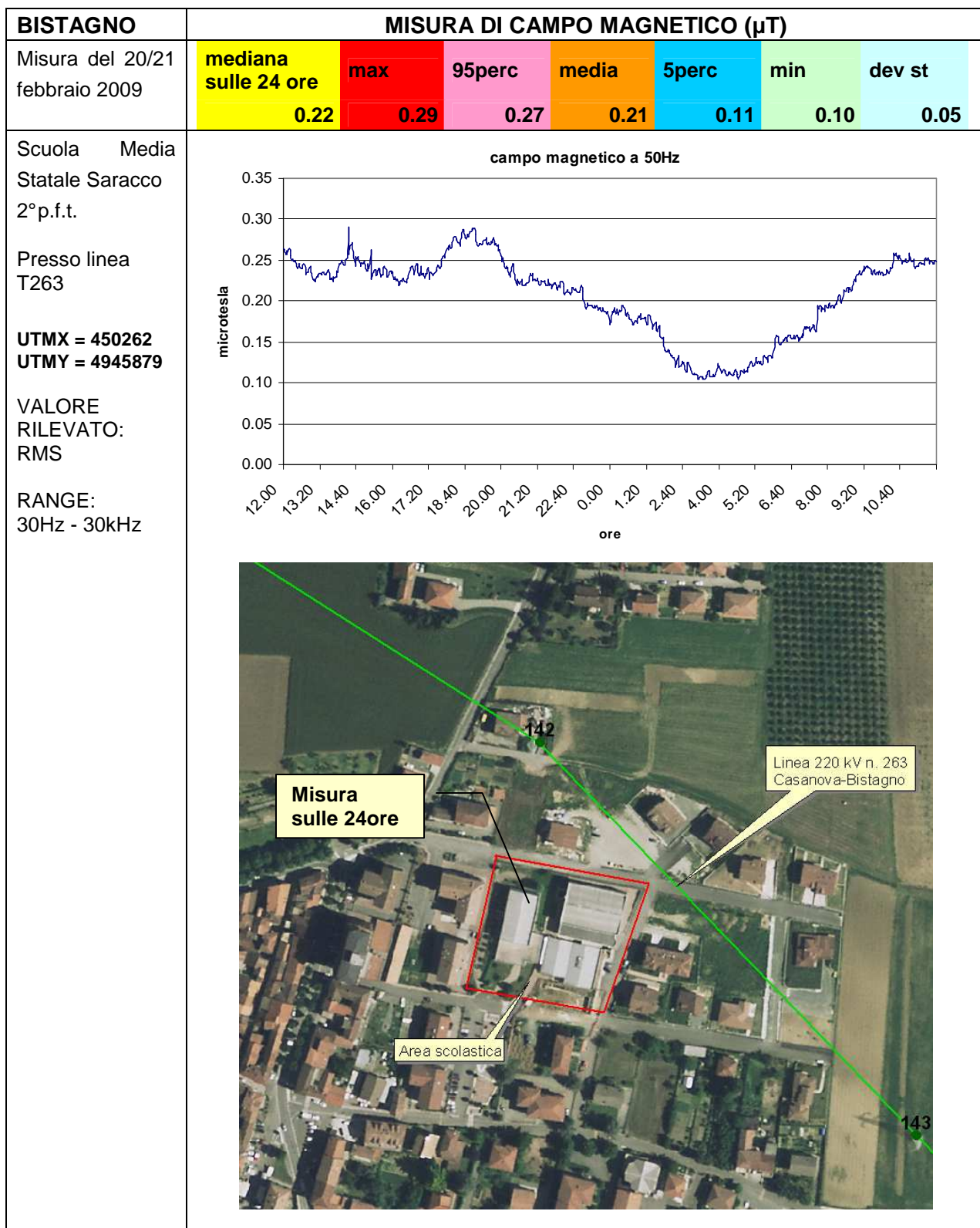


Fig.4.2.1.2. – Misure di campo magnetico sulle 24ore a Bistagno

Le azioni di monitoraggio

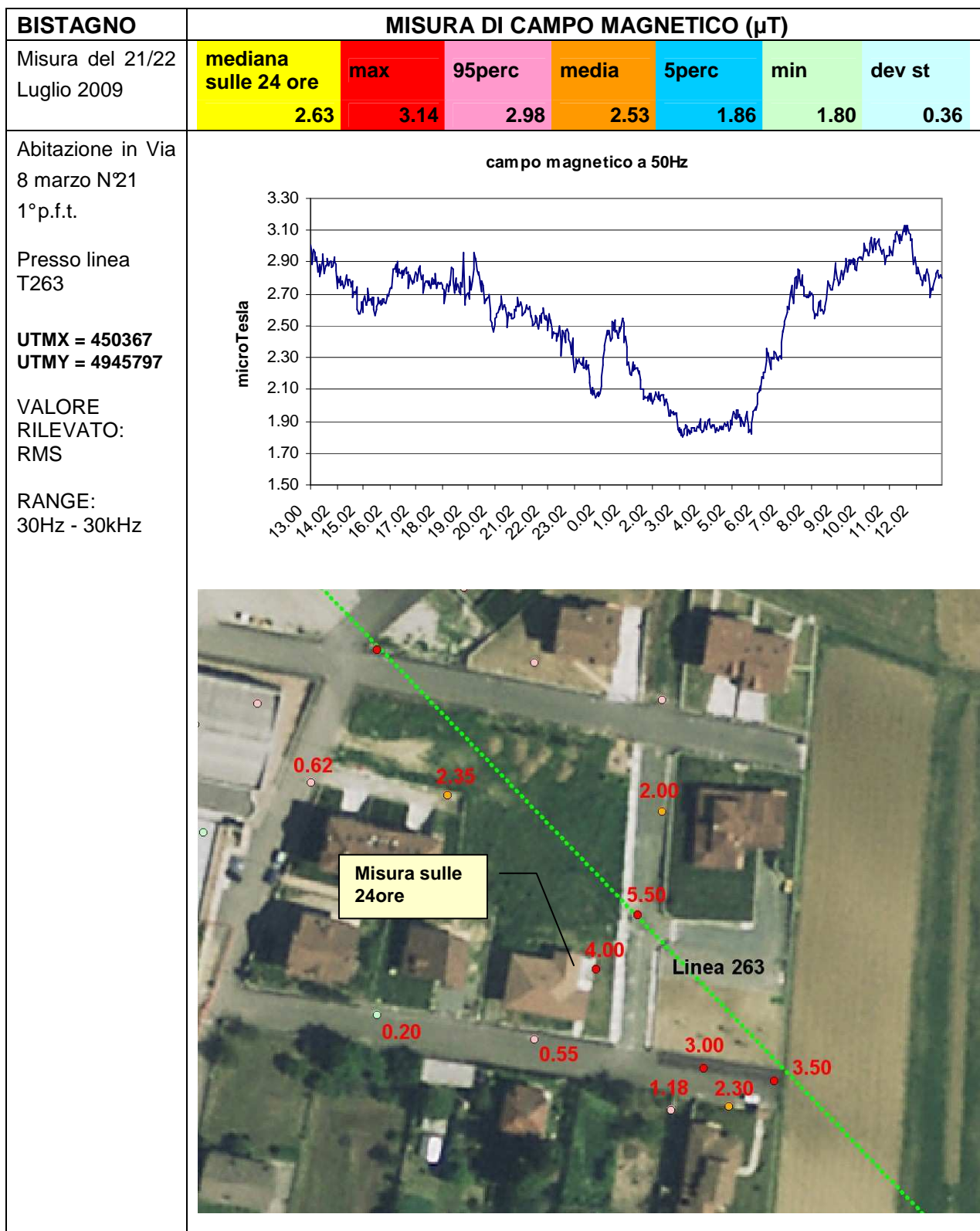


Fig.4.2.1.2. – Misure di campo magnetico sulle 24ore a Bistagno

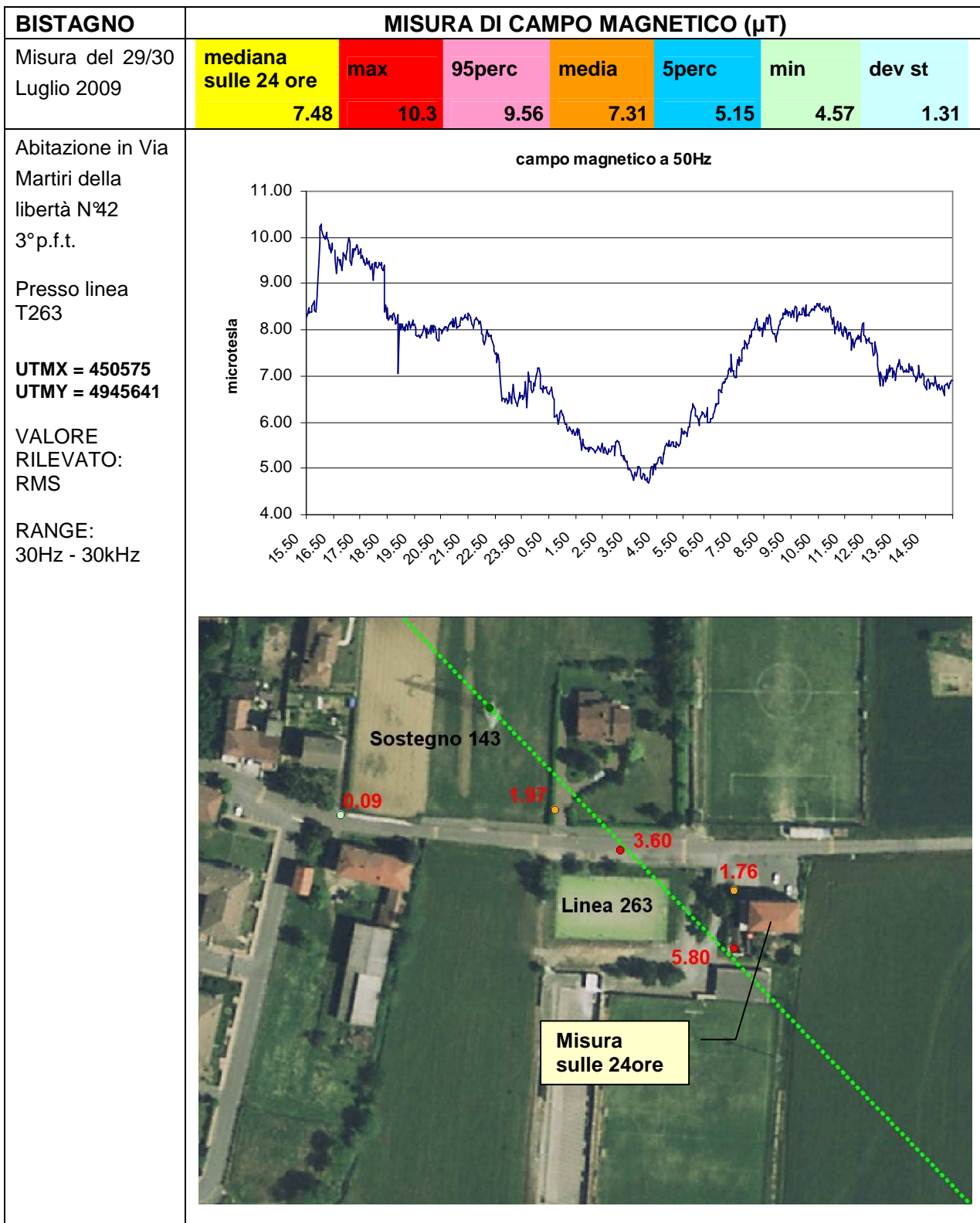


Fig.4.2.1.3. – Misure di campo magnetico sulle 24ore a Bistagno

Le azioni di monitoraggio

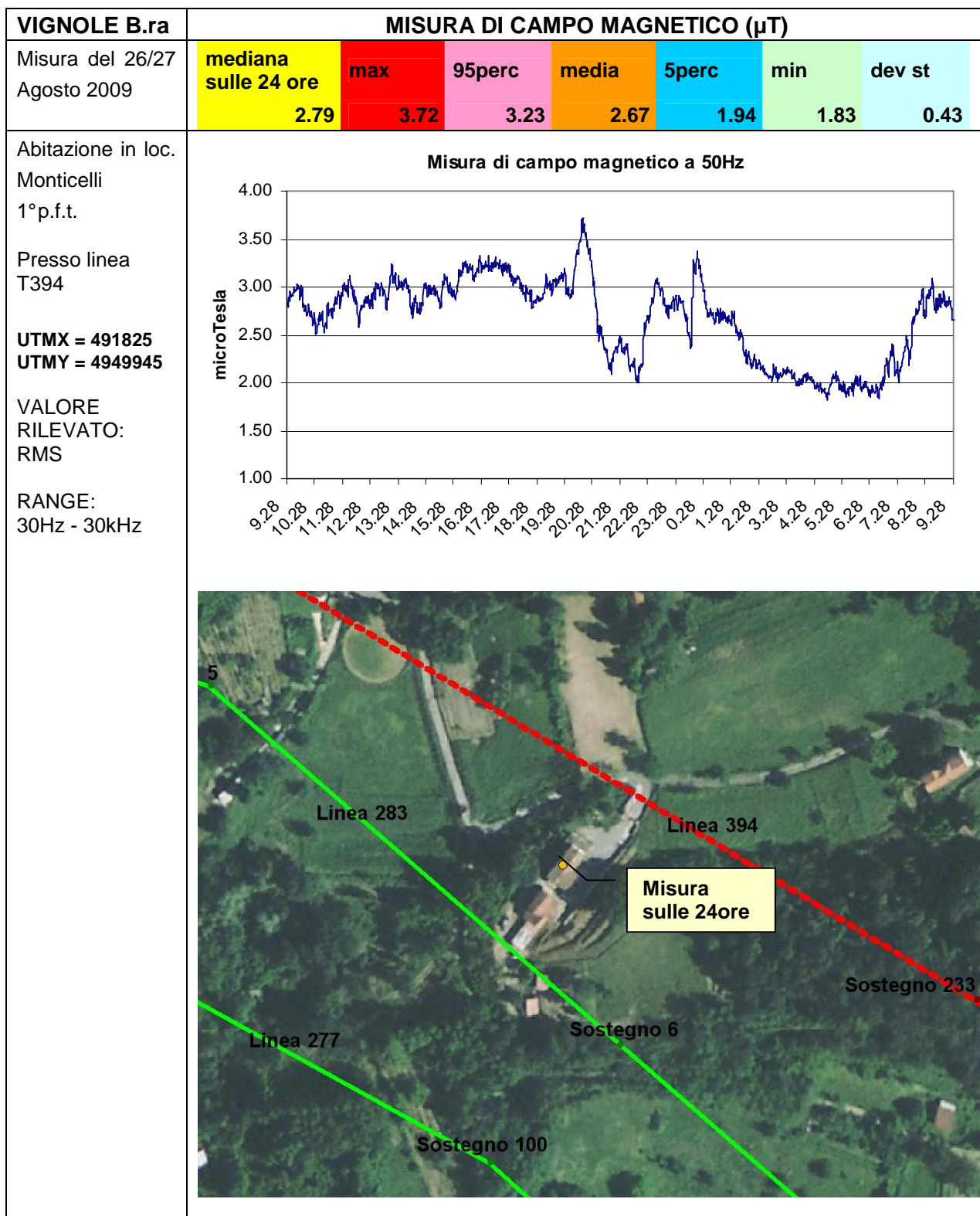


Fig.4.2.1.4. – Misure di campo magnetico sulle 24ore a Vignole B.ra

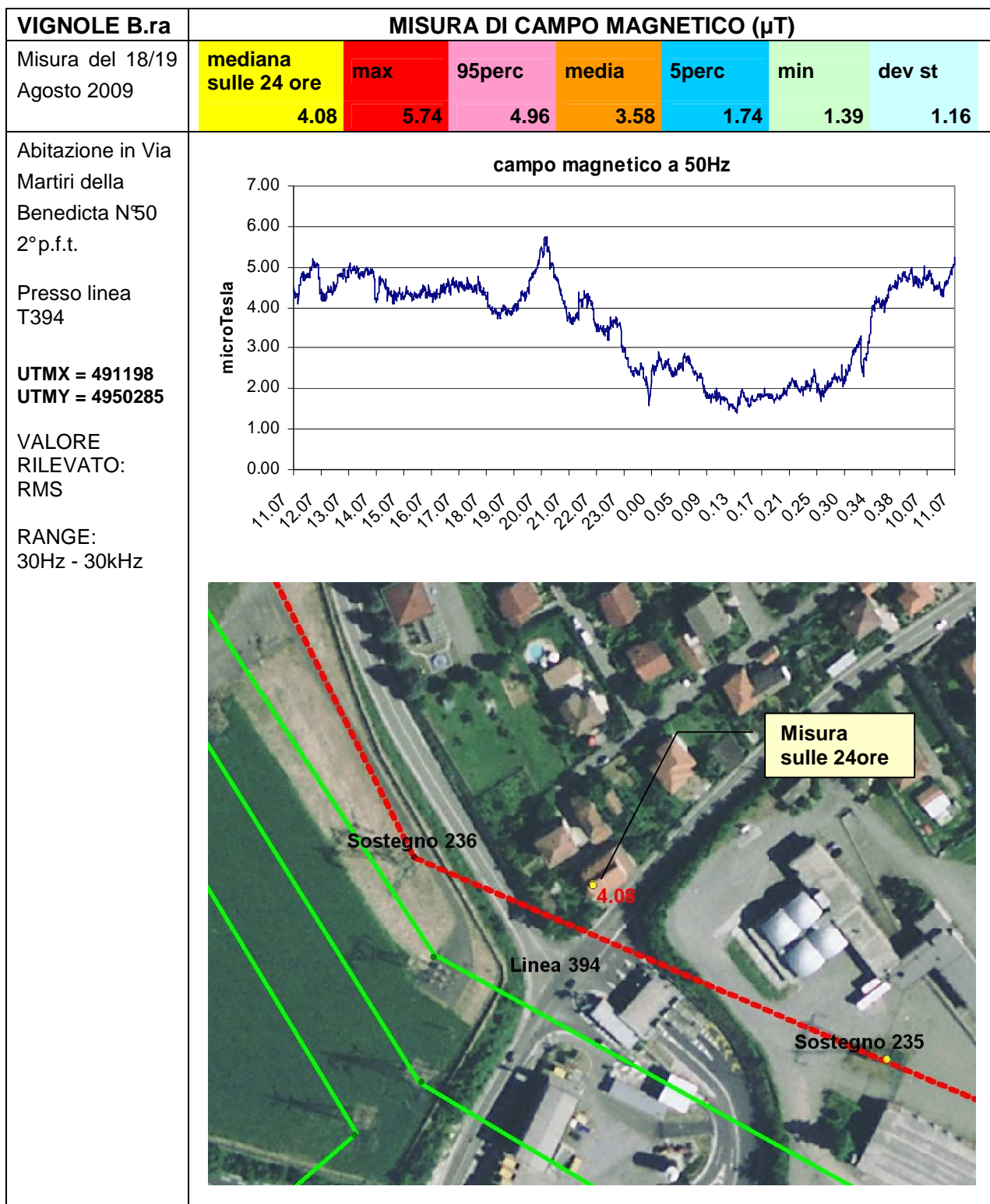


Fig.4.2.1.5. – Misure di campo magnetico sulle 24ore a Vignole B.ra

Le azioni di monitoraggio

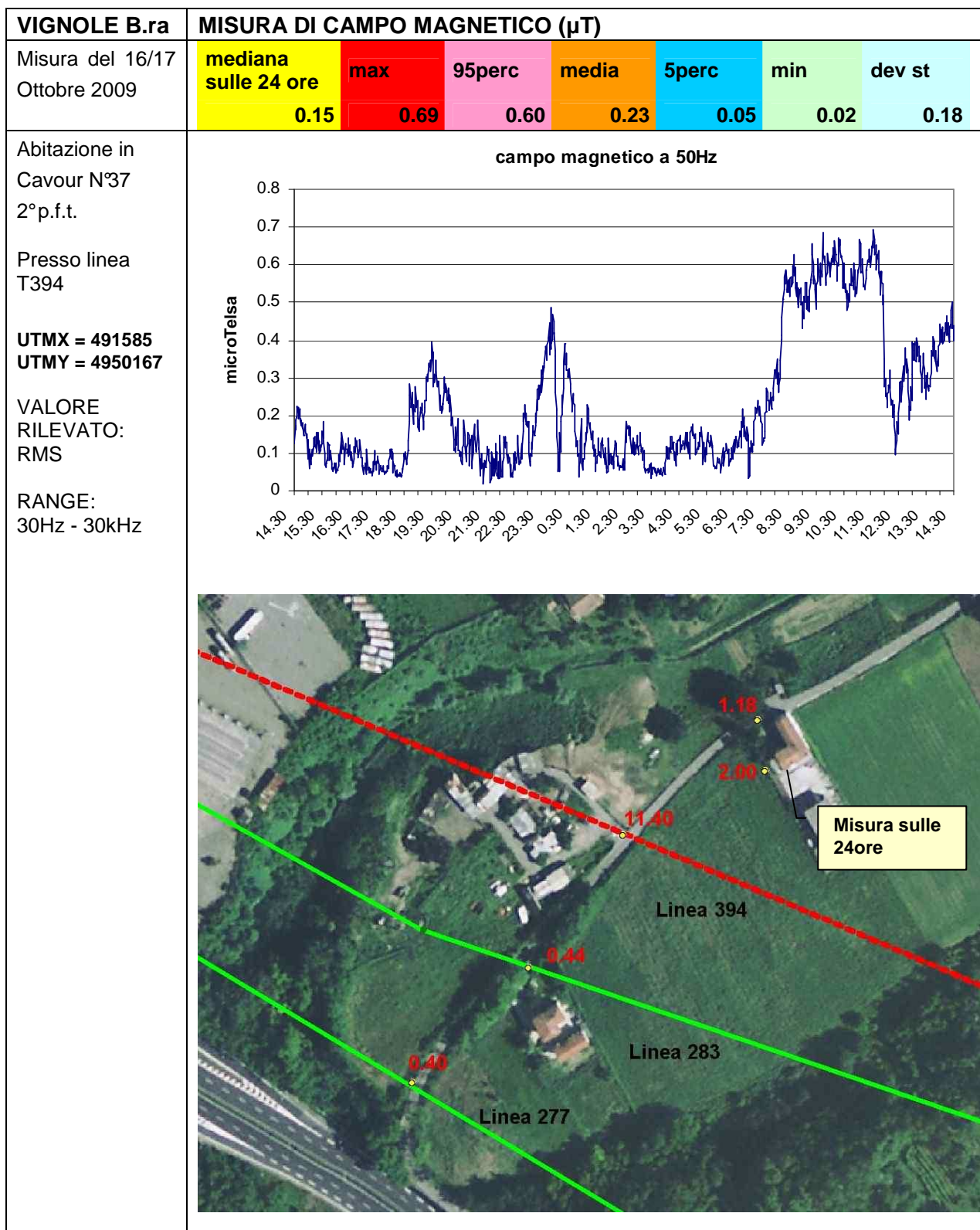


Fig.4.2.1.6. – Misure di campo magnetico sulle 24ore a Vignole B.ra

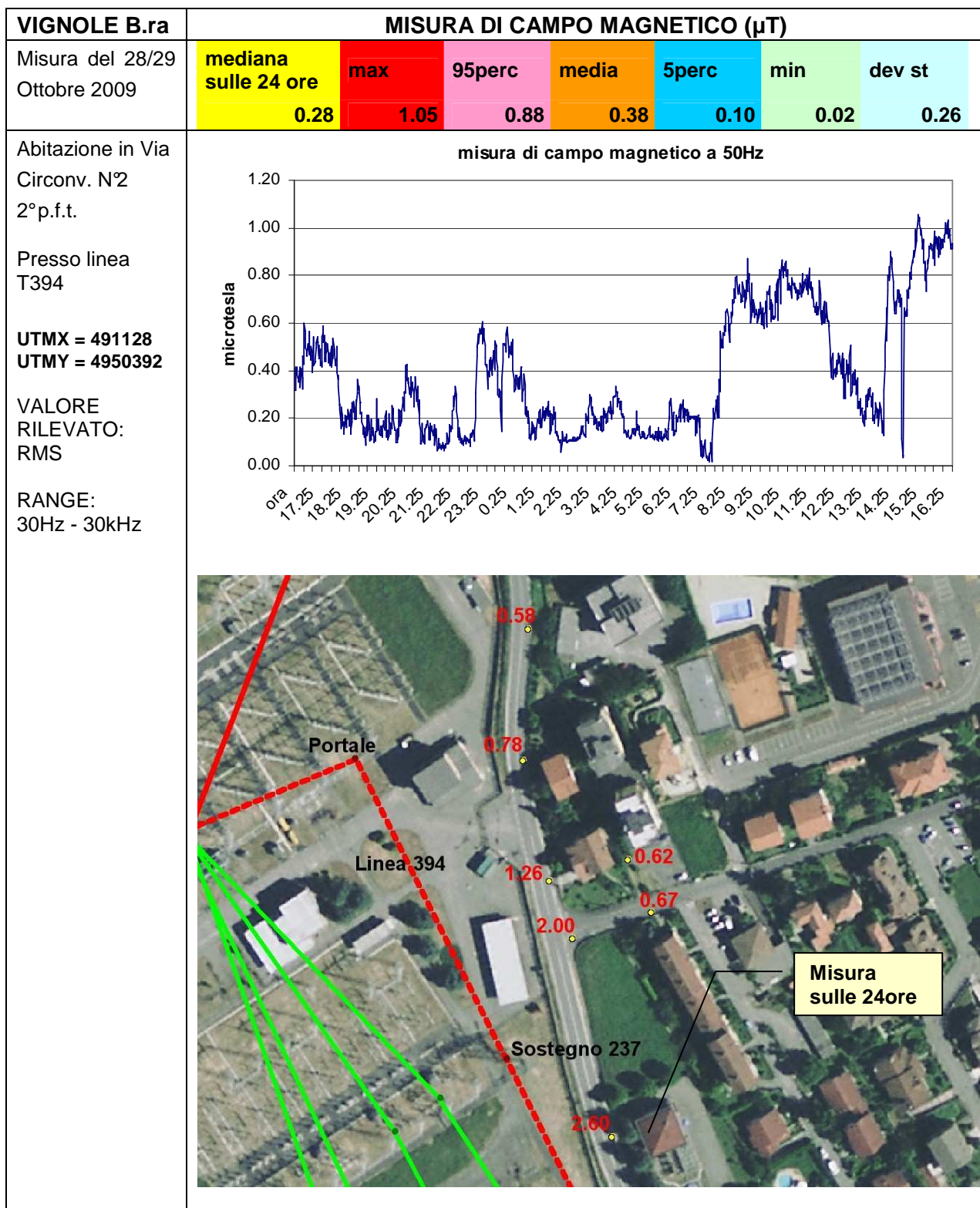


Fig.4.2.1.7. – Misure di campo magnetico sulle 24ore a Vignole B.ra

Le azioni di monitoraggio

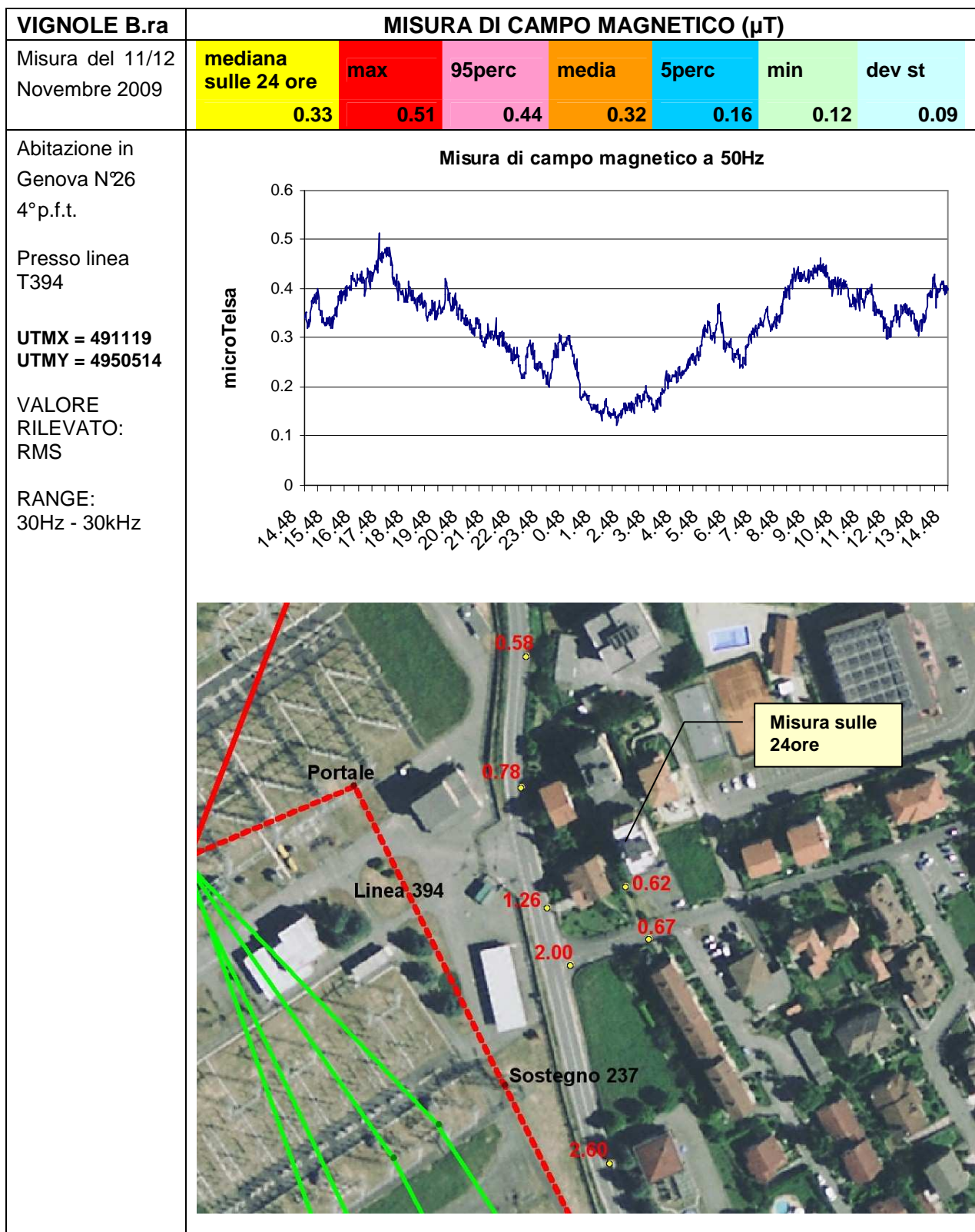


Fig.4.2.1.8. – Misure di campo magnetico sulle 24ore a Vignole B.ra

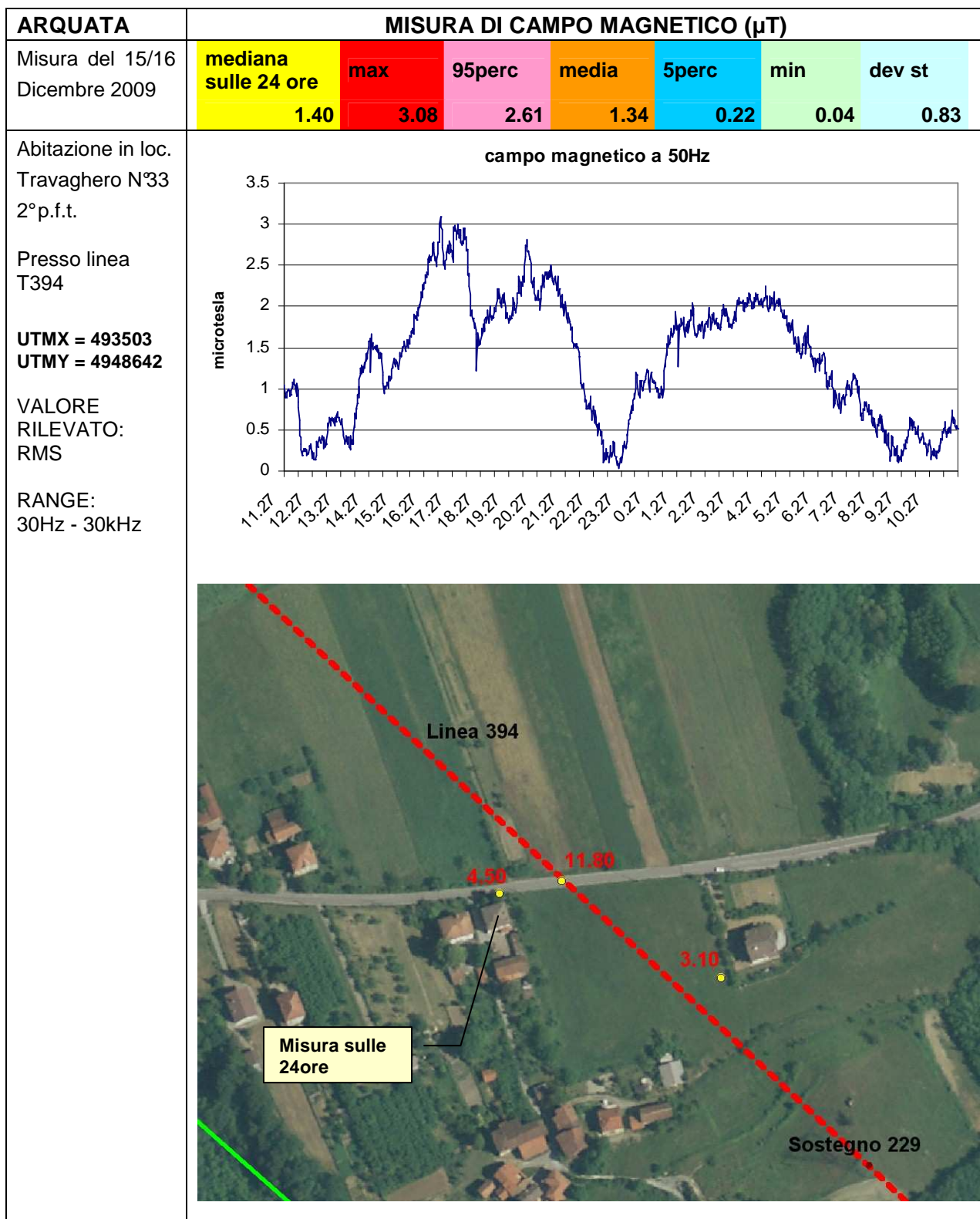


Fig.4.2.1.9. – Misure di campo magnetico sulle 24ore ad Arquata Scrivia

Le azioni di monitoraggio

In nessun caso le misure hanno evidenziato superamenti dei limiti di legge, anche se in alcuni casi la vicinanza al valore limite e l'estrema variabilità del dato non garantiscono del tutto il rispetto dei parametri di legge. Le misure vanno correlate ai valori di corrente effettivamente transitanti sulla linea nell'arco delle 24ore della misurazione e ai dati di corrente nell'arco di un anno, in modo tale da stimare anche il caso più peggiorativo di esposizione. Ipotizzando un rapporto di proporzionalità fra i livelli di campo magnetico (B), le correnti circolanti nelle linee (I) e le relative mediane sulle 24ore, dati che vengono richiesti per ciascuna misura ai gestori della rete, è possibile applicare le relazioni seguenti [6]:

$$\begin{array}{l}
 B_{M,24h} \propto I_{M,24h} \\
 B_{Mis} \propto I_{Mis}
 \end{array}
 \Rightarrow
 \boxed{B_{M,24h}^{max} = B_{Mis} \cdot \frac{I_{M,24h}^{max}}{I_{Mis}}}$$

Ovvero la massima mediana sulle 24ore del campo magnetico $B_{M,24h}^{max}$ si ricava dal rapporto tra la mediana massima della corrente sull'anno $I_{M,24h}^{max}$ e la corrente transitante nel giorno della misura I_{Mis} moltiplicato per il corrispondente valore del campo magnetico B_{Mis} misurato allo steso giorno e alla stessa ora. $B_{M,24h}^{max}$ può essere preso a riferimento come massima mediana possibile e, di conseguenza, confrontato con il valore di attenzione di 10µT o con l'obiettivo di qualità di 3µT. Ai valori misurati si associa un errore del 10%.

Comune/ Terna	Punto di misura	Data misure	Campo B_{mis} (microT)	Corrente I_{mis} (Ampere)	$I_{M,24h}^{max}$ (Ampere)	$B_{M,24h}^{max}$ (microT)	Superamento dei limiti di legge
Bistagno T263	Scuola Saracco	20/21feb09	0.10	151.0	654	0.45	NO
	Via 8 Marzo	21/22lug09	3.01	581.0	654	3.43	NO
	Via Martiri della Libertà	29/30lug09	7.98	553.0	654	9.39	NO
Vignole B.ra T394	Loc. Monticelli	26/27ago09	2.14	774.6	1301	3.58	NO
	Via Martiri della Benedicta	18/19ago09	4.30	830.8	1301	6.74	NO
	Via Cavour	16/17ott09	0.32	184.1	1301	2.27	NO
	Via Circonvallazione	28/29ott09	0.66	228.5	1301	3.77	NO
	Via Genova	11/12nov09	0.34	798.5	1301	0.56	NO
Arquata Scrivia T394	Borgata Travaghero	15/16dic09	1.16	336	1301	4.46	NO



I dati di corrente sull'anno comunicati dal gestore della rete TERNA e utilizzati per la stima di $I_{M,24h}^{max}$ fanno riferimento ad un periodo che va dal 31/07/2008 al 31/07/2009 per la **T263** e ad un periodo che va dal 01/01/2009 al 31/12/2009 per la **T394**. Nel caso delle abitazioni di Via 8 Marzo e Via Martiri della Libertà a Bistagno si configura un possibile superamento dei limiti di legge, rispettivamente dell'obiettivo di qualità di $3\mu T$ e del valore di attenzione di $10\mu T$, il primo valido per case costruite dopo l'entrata in vigore del D.P.C.M. 08/07/2003, il secondo in tutti i casi di abitazioni realizzate in periodo antecedente. I valori riscontrati, pur all'interno del margine di errore stimato, si collocano in prossimità dei limiti di legge.

4.3 MISURE DI CAMPO ELETTRICO A 50Hz

Presso le linee a 380kV sono stati fatti alcuni controlli di campo elettrico a 50Hz. Le emissioni di campo elettrico di un elettrodotto dipendono direttamente dalla tensione di esercizio della linea e aumentano all'aumentare di questa, pertanto le misure sono state effettuate al di sotto delle linee a maggior tensione. Tale valore è fisso per ciascuna linea, pertanto anche i valori di campo elettrico emesso non variano nel tempo. Nei punti in prossimità di linee a 380kV è stato dunque rilevato il valore efficace di campo elettrico a 50Hz secondo le modalità previste dalle norme tecniche [10]. Di seguito si riporta una tabella con la sintesi dei rilievi effettuati

COMUNE	LOCALITA_	UTMX	UTMY	DATA	ORA	TERNA	Campo Elettrico (kV/m)
Pontecurone	Strada Rivanazzano	495845	4978421	20/10/2009	11:37	351	6.90
Pontecurone	Strada Rivanazzano	495862	4978419	20/10/2009	11:39	351	6.90
Pontecurone	Strada Rivanazzano	495853	4978420	20/10/2009	10:48	351	3.60
Pontecurone	Strada Casalnoceto	496150	4975724	20/10/2009	11:00	351	1.60
Pontecurone	Strada Casalnoceto	496156	4975725	20/10/2009	11:02	351	4.10
Pontecurone	Strada Casalnoceto	496144	4975722	20/10/2009	11:04	351	4.30
Volpeglino	SP 99	496570	4972689	20/10/2009	11:18	351	0.68
Volpeglino	SP 99	496580	4972690	20/10/2009	11:20	351	2.70
Volpeglino	SP 99	496560	4972687	20/10/2009	11:21	351	2.50
Arquata Scrivia	Borgata Travaghero	493523	4948638	29/10/2009	11:30	394	7.40
Arquata Scrivia	Borgata Travaghero	493536	4948639	29/10/2009	11:30	394	4.80
Arquata Scrivia	Borgata Travaghero	493551	4948642	29/10/2009	11:30	394	9.50
Arquata Scrivia	Borgata Travaghero	493506	4948642	29/10/2009	11:30	394	0.50
Vignole Borbera	Via Cavour 38	491536	4950124	12/11/2009	15:40	394	1.20
Vignole Borbera	Via Cavour 38	491532	4950116	12/11/2009	15:40	394	2.20
Vignole Borbera	Via Cavour 38	491542	4950131	12/11/2009	15:40	394	2.10

Fig. 4.3.1: Esiti delle misure di campo elettrico a 50Hz

Le misure sono state effettuate rilevando il valore efficace di campo elettrico alla frequenza di 50Hz a 1.5m dal suolo, alle misure si intende associato un errore del 10%. Tale parametro risulta meno significativo dal punto di vista protezionistico rispetto al campo magnetico poiché, a differenza di questo, è facilmente schermabile e viene attenuato da edifici e

Le azioni di monitoraggio

vegetazione, tuttavia anche il campo elettrico a 50Hz è soggetto ad un limite di esposizione pari a 5kV/m [5].

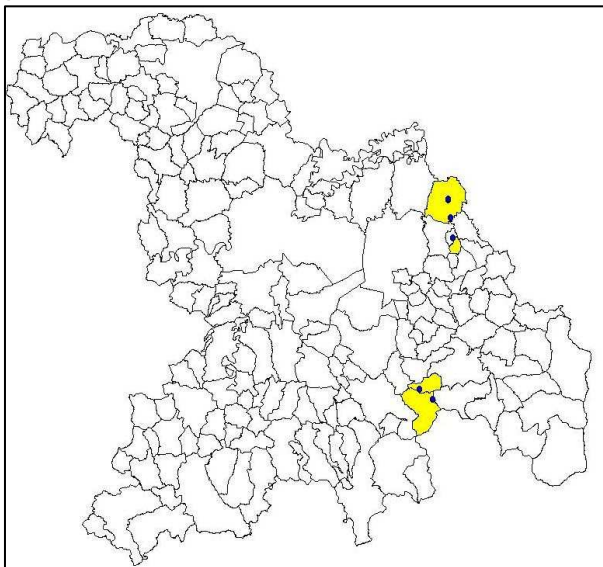


Fig. 4.3.2 - Provincia di Alessandria: distribuzione delle misure di campo elettrico a 50Hz.

Le misure effettuate evidenziano **due superamenti del valore limite di capo elettrico**, che a **Pontecurone** presso la **linea T351 Castelnuovo - Vignole B.ra** nella campata compresa tra i sostegni N°147 e 148 e ad **Arquata Scrivia** presso la **linea T394 Spezia – Vignole B.ra** nella campata compresa tra i sostegni N° 230 e 229. Tali superamenti comporteranno l'adozione di piani di risanamento da parte del gestore della linea. Di seguito si riporta la cartografia con il dettaglio delle misure.

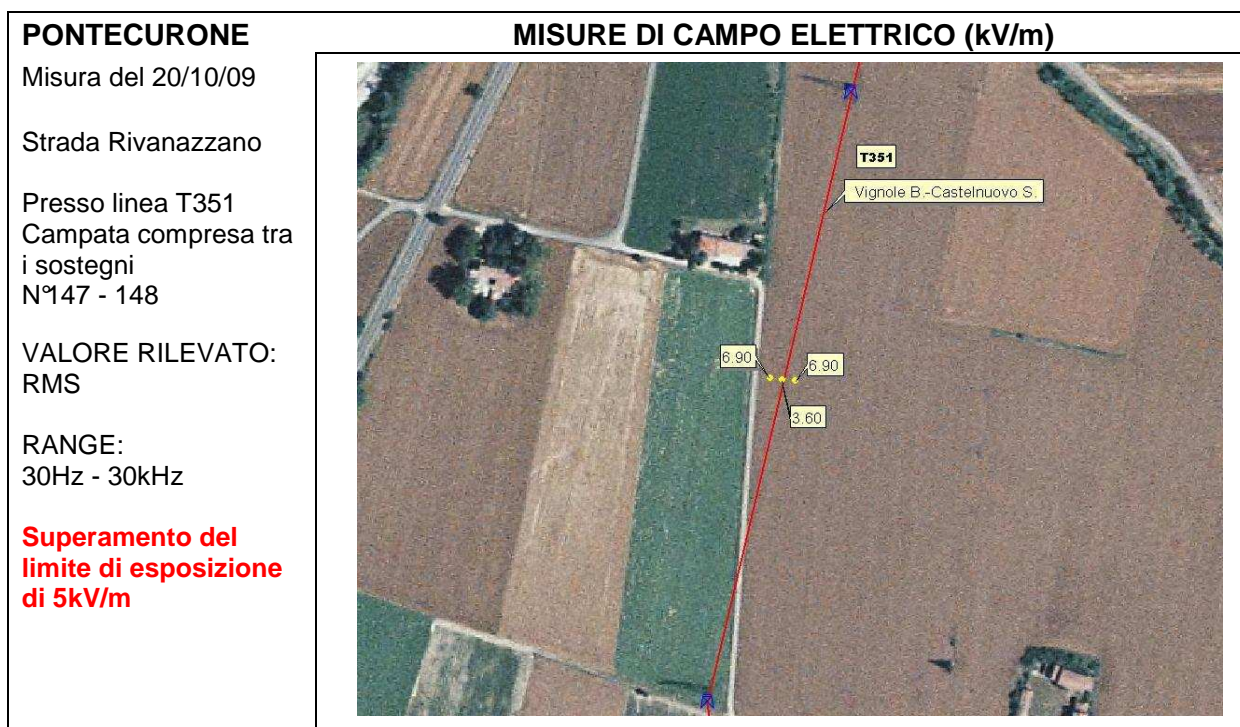


Fig. 4.2.2: Misure di campo elettrico a 50Hz a Pontecurone



PONTECURONE

Misura del 20/10/09

Strada Casalnoceto

Presso linea T351
Campata compresa tra i sostegni N°154 - 155

VALORE RILEVATO:
RMS

RANGE:
30Hz - 30kHz

Valori rilevati entro i limiti di legge

MISURE DI CAMPO ELETTRICO (kV/m)



Fig. 4.2.3: Misure di campo elettrico a 50Hz a Pontecurone

VOLPEGLINO

Misura del 20/10/09

SP99

Presso linea T351
Campata compresa tra i sostegni N°161 - 162

VALORE RILEVATO:
RMS

RANGE:
30Hz - 30kHz

Valori rilevati entro i limiti di legge

MISURE DI CAMPO ELETTRICO (kV/m)

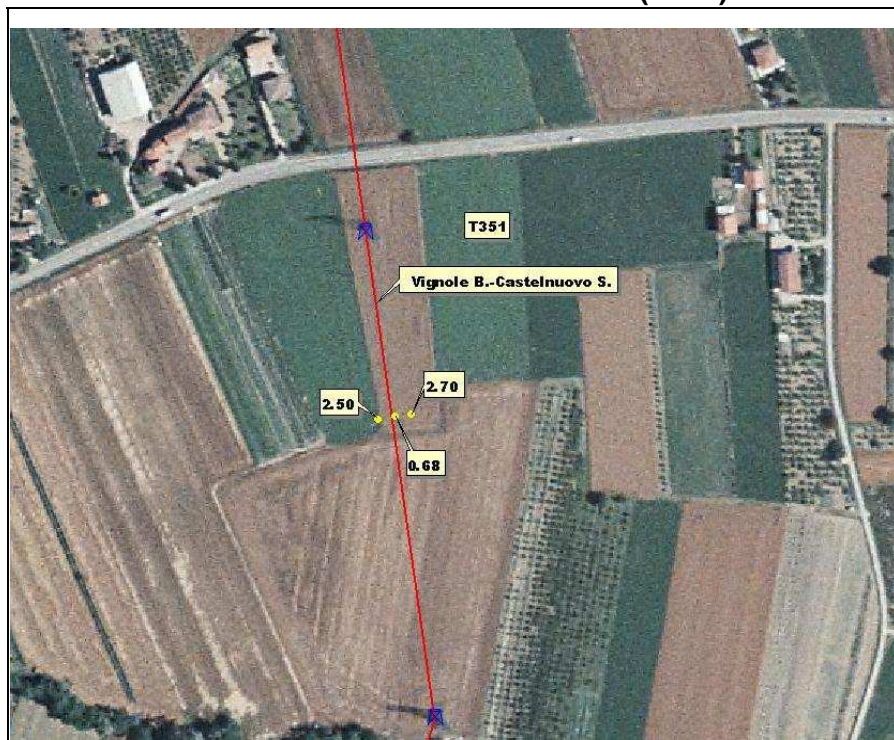


Fig. 4.2.4: Misure di campo elettrico a 50Hz a Volpeglino

Le azioni di monitoraggio

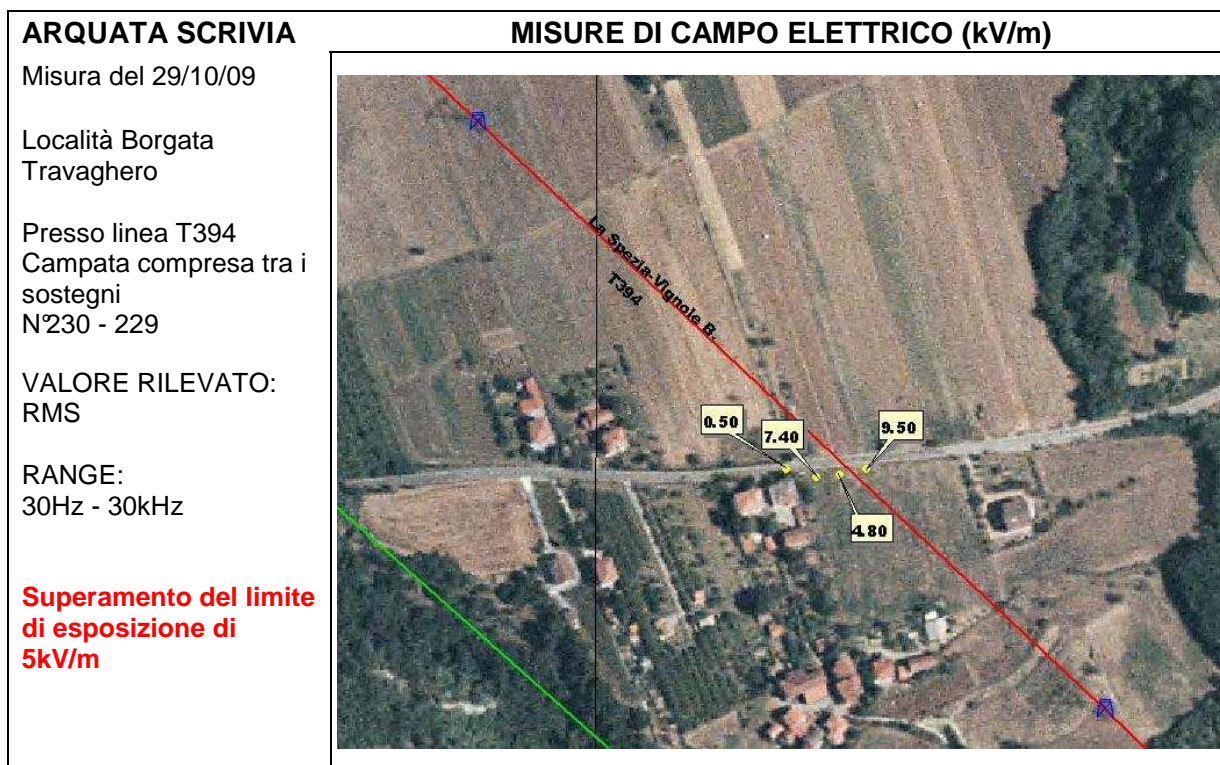


Fig. 4.2.5: Misure di campo elettrico a 50Hz a Arquata Scrivia

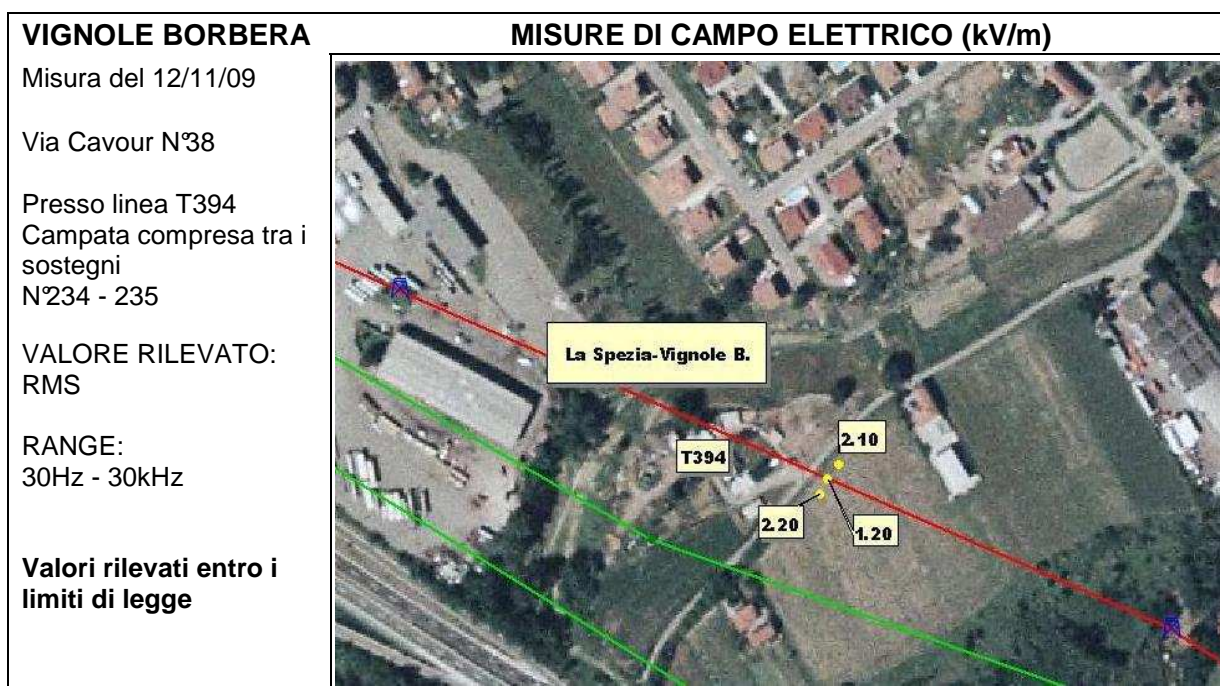


Fig. 4.2.6: Misure di campo elettrico a 50Hz a Vignole Borbera



Verifica delle criticità





5. Verifica delle criticità

Possiamo ora rivedere la classificazione delle criticità legate all'inquinamento elettromagnetico sia sulla base della criticità stimata delle linee ad alta tensione sia sulla base delle misure effettuate di campo elettrico e magnetico a 50Hz.

La cartografia sotto riporta i tracciati delle linee AT provinciali con il grado di criticità e i punti di misura differenziati per livello di campo magnetico misurato.

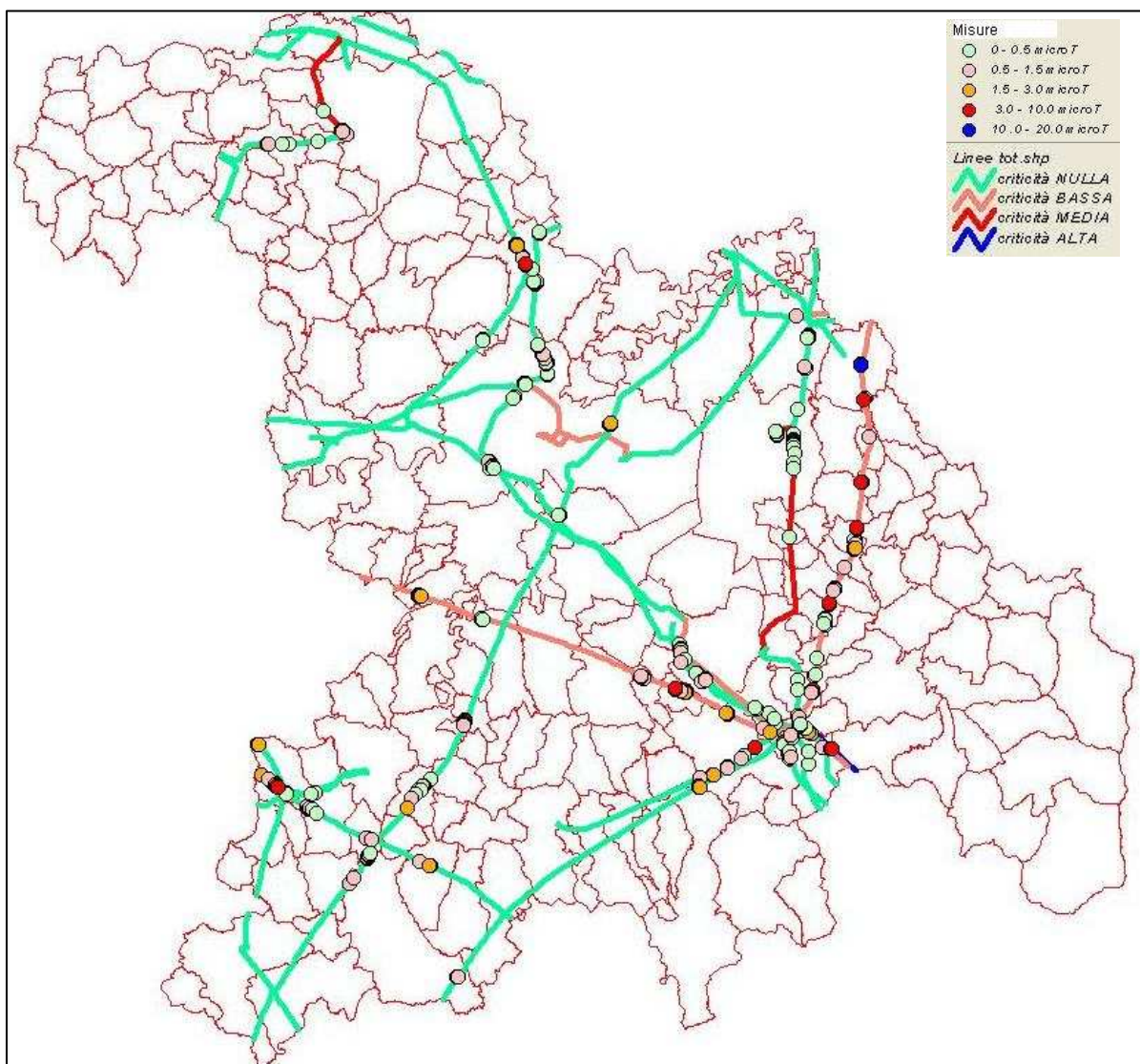


Fig. 5.1: Linee AT provinciali e punti di misura di campo magnetico a 50Hz.

Verifica delle criticità

5.1 VERIFICA DELLE CRITICITÀ PER IL CAMPO MAGNETICO

I Comuni che dallo studio teorico risultavano interessati da **linee a medio alta criticità** per quanto riguarda le emissioni di campo magnetico sono in tutto **18** e sono elencati nella seguente tabella dove sono riportate anche le denominazioni delle 5 linee critiche indicate al capitolo 3.

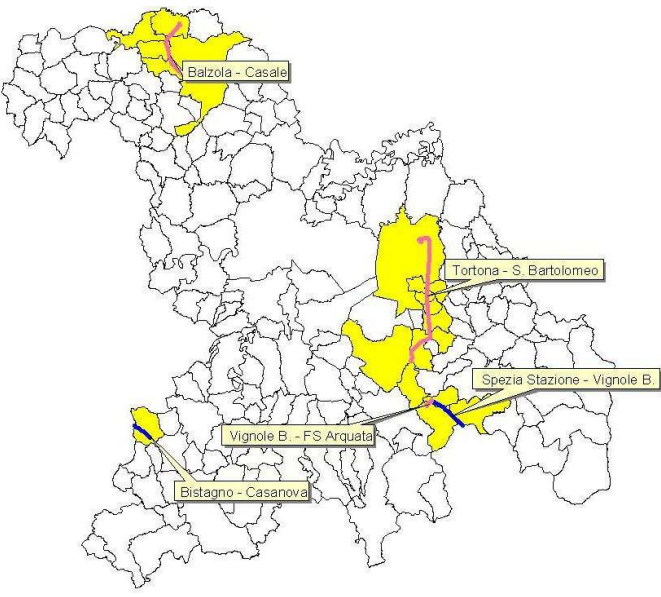
COMUNI	
Casale Monferrato	
Coniolo	
Tortona	
Carbonara Scrivia	
Villaromagnano	
Spineto Scrivia	
Paderna	
Carezzano	
Novi Ligure	
Sant'Agata Fossili	
Cassano Spinola	
Serravalle Scrivia	
Vignole Borbera	
Grondona	
Arquata Scrivia	
Bistagno	
Balzola	
Morano sul Po	

Fig. 5.1.1: Comuni interessati da linee a medio alta criticità

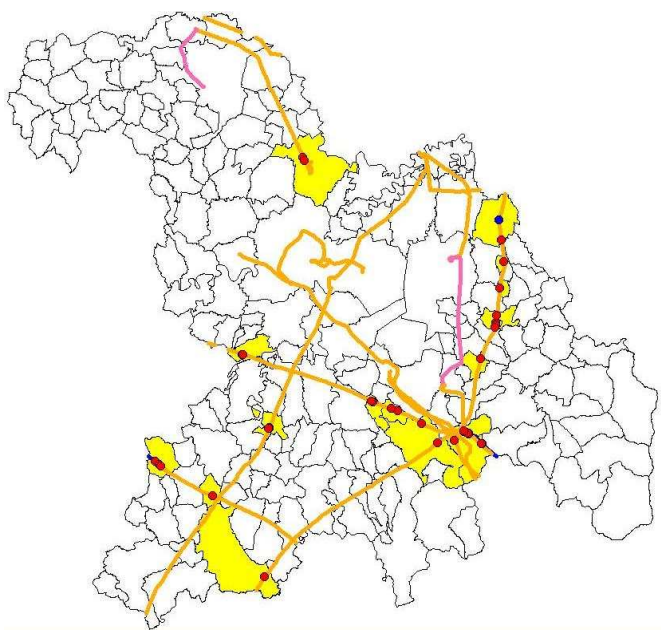
COMUNI	
Pontecurone	
Arquata S.	
Vignole B.ra	
Cerreto Grue	
Bistagno	
Tassarolo	
Berzano di Tortona	
Rivalta B.da	
Francavilla Bisio	
Sant'Agata Fossili	
Castellar Guidobono	
Gavi	
Gamalero	
Montegioco	
Ponzone	
Valenza	
Cavatore	

Fig. 5.1.2: Comuni interessati da livelli di campo magnetico superiori a $3 \mu T$ (rosso) e a $10 \mu T$ (blu).



I **17** Comuni in cui le misure di campo magnetico hanno evidenziato i livelli maggiori ($> 3 \mu\text{T}$) riportati in Fig. 5.1.2 corrispondono solo in parte ai Comuni interessati alle linee a maggior impatto. Ciò è dovuto al fatto che le correnti effettive transitanti sulle linee raramente coincidono con la portata di corrente dichiarata nelle normali condizioni di esercizio, quindi può accadere che linee nominalmente dotate di carichi di corrente elevati funzionino con regimi di corrente molto più bassi dando luogo a emissioni ridotte di campo magnetico rispetto alle stime. Le misure hanno evidenziato **9 linee AT con emissioni al di sopra dei $3 \mu\text{T}$** tra cui le linee già classificate ad alta criticità: **T263 Casanova – Bistagno e T394 Spezia – Vignole**. Hanno invece dato esiti inferiori alle criticità stimate le linee **T610 Balzola – Casale, T887 Tortona – S. Bartolomeo, e T870 Vignole B.ra – Arquata Scrivia**.

TENSIONE (Kv)	TERNA N°	NOME	CORRENTE (Ampere)	CRITICITA' STIMATA	VALORE MAX DI CAMPO MAGNETICO MISURATO	PUNTO DI MISURA
380	394	Spezia - Vignole B.	1376	ALTA	11.80	Vignole B.ra
380	351	Castelnuovo - Vignole B.	2310	BASSA	13.70	Pontecurone
380	393	Vado Ligure - Vignole B.	1591	BASSA	4.10	Gavi
220	263	Bistagno - Casanova	882	ALTA	7.48	Bistagno
220	264	Bistagno – Erzelli	794	BASSA	3.65	Cavatore
220	262	Morigallo - Vignole B.	1467	BASSA	3.10	Arquata S.
220	245	Casanova – Vignole B.	558	BASSA	6.86	Tassarolo
132	614	Balzola – Valenza	500	BASSA	3.70	Valenza
132	39	EDISON Cairo - Spinetta	500	BASSA	5.94	Rivalta B.da

Fig. 5.1.3: Linee che producono livelli di campo magnetico misurati superiori a $3 \mu\text{T}$.

Come si può notare dalla tabella sopra, le **linee N° 351 – 393 – 264 – 262 – 245 – 614 – 39** pur risultando a **criticità BASSA** hanno dato come esito delle misure **livelli di campo magnetico significativi, al di sopra dei $3 \mu\text{T}$** . Ciò è dovuto in parte ai carichi di corrente reali differenti da quelli stimati ed in parte all'orografia del territorio ed alla geometria di alcune campate che, in alcuni punti, possono determinare un avvicinamento dei conduttori a terra con conseguente aumento dei livelli di campo. **Tali linee verranno riclassificate in criticità MEDIA.**

I Comuni indicati in colore verde che rientrano in entrambe le criticità (Fig. 5.1.2 e Fig. 5.1.2) sono stati oggetto di indagini più dettagliate con misure presso abitazioni di campo magnetico sulle 24ore. Le misure sono state effettuate ad **Arquata Scrivia, Bistagno, e Vignole B.ra**. A **Sant'Agata Fossili** non sono state fatte misure perché non vi erano abitazioni direttamente esposte.

Le misure sulle 24ore hanno nuovamente confermato le criticità per le linee **T263 Casanova – Bistagno e T394 Spezia – Vignole, con un superamento dei limiti di legge in una abitazione nel Comune di Bistagno per la linea T263.**

Verifica delle criticità

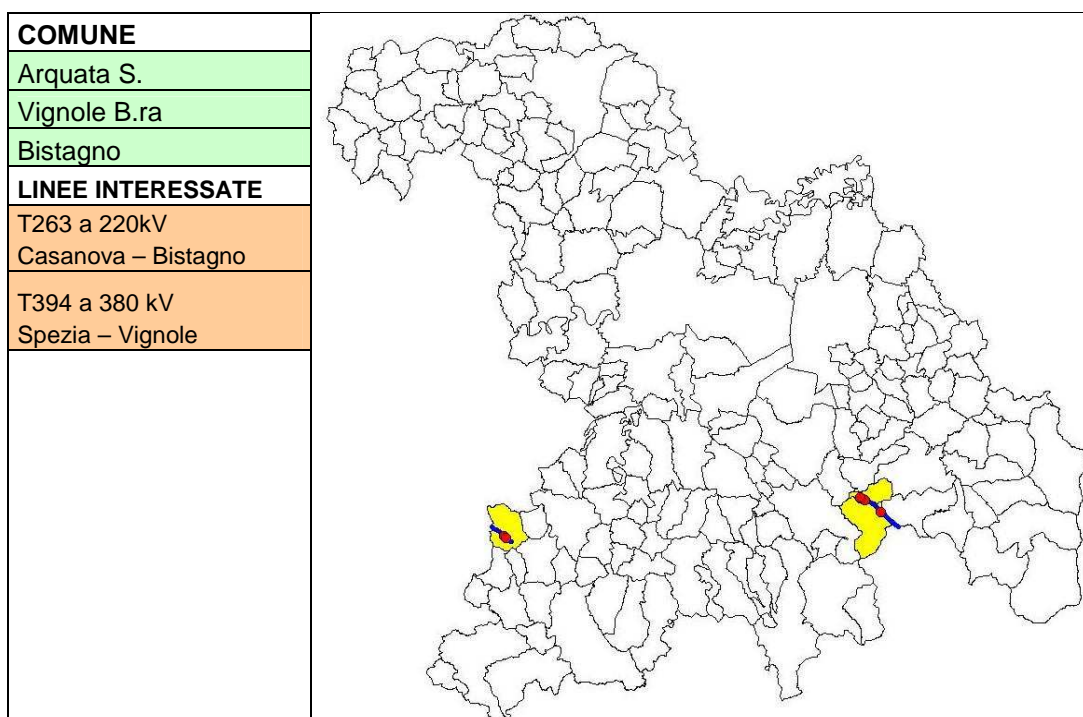


Fig. 5.1.4: Comuni interessati da misure sulle 24ore di campo magnetico presso linee ad ALTA criticità.

5.2 VERIFICA DELLE CRITICITÀ PER IL CAMPO ELETTRICO

I controlli hanno evidenziato delle criticità per il campo elettrico a 50Hz riguardante due linee tra quelle a maggior tensione (380kV) essendo il campo elettrico direttamente proporzionale alla tensione di esercizio della linea.

Presso queste linee sono state effettuate **15 misure di campo elettrico a 50Hz** nelle località dove i tracciati delle linee e l'andamento delle campate indicavano i maggiori livelli di campo legati alla maggiore vicinanza dei cavi conduttori al suolo. Le misure hanno riguardato i Comuni di **Pontecurone, Volpeglino, Arquata Scrivia e Vignole B.ra** interessati dalle linee **T351 Castelnuovo S. – Vignole e T394 Spezia – Vignole**.

Le misure hanno evidenziato due superamenti del limite di esposizione del campo elettrico a 50Hz: uno a Pontecurone sulla T351 e l'altro ad Arquata Scrivia presso la T394.

Pertanto le misure di campo elettrico confermano una **criticità ALTA per la linea T394** già evidenziata dalle misure di campo magnetico, ed **umentano la criticità della linea T351**, portando la sua classificazione di criticità da media ad ALTA.

Di seguito si riportala cartografia provinciale con l'indicazione delle linee critiche per il campo elettrico e dei Comuni interessati dal loro passaggio.

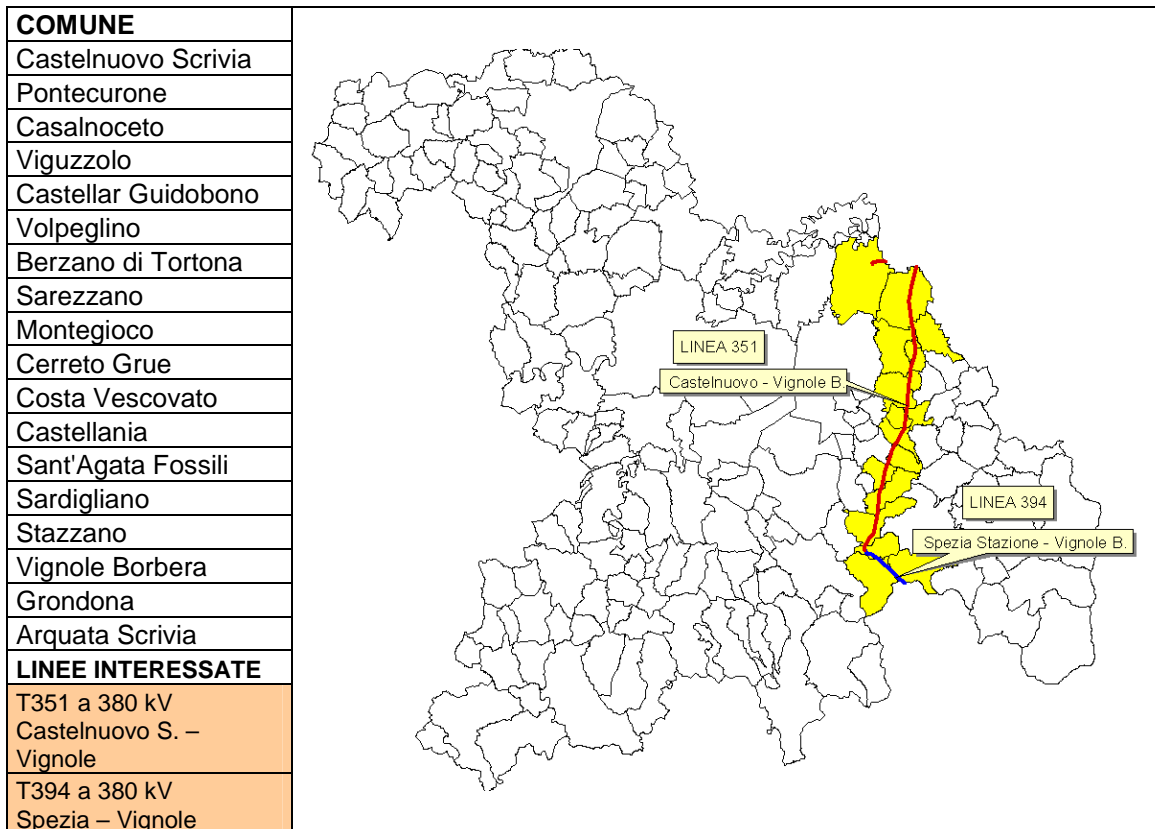


Fig. 5.2.1: Comuni interessati da linee a medio alta criticità per il campo elettrico

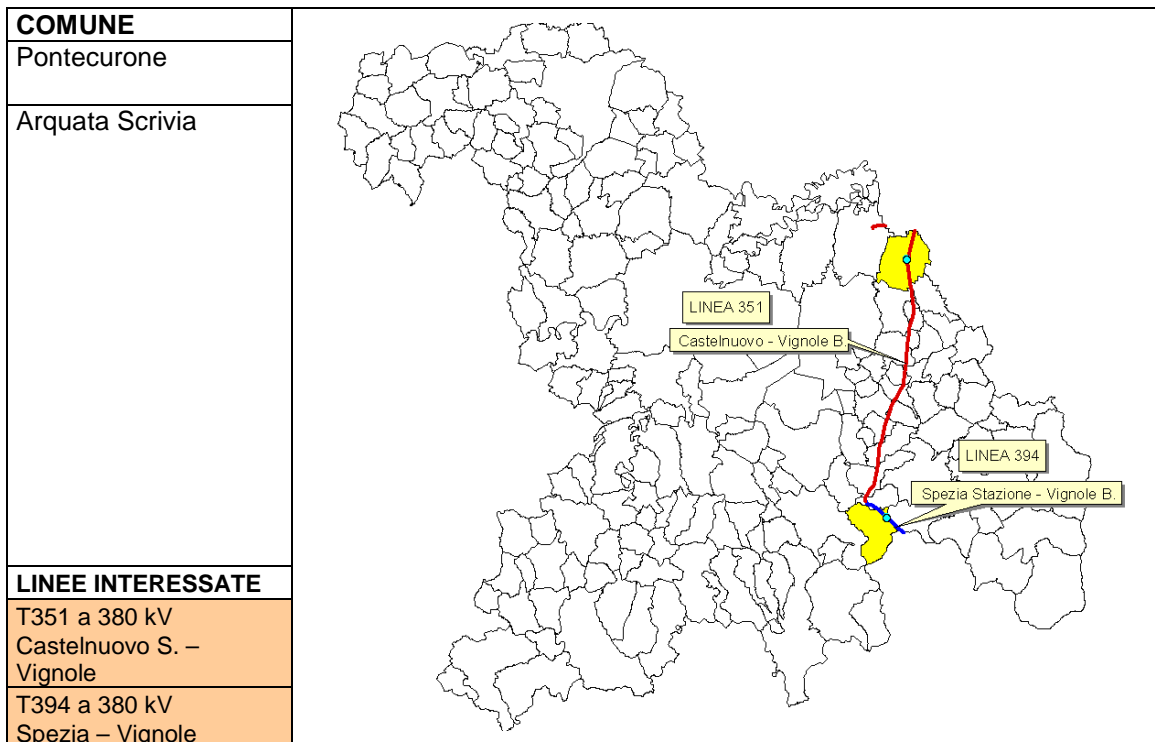


Fig. 5.2.2: Comuni interessati da livelli di campo elettrico superiori ai limiti di legge.

5.3 CONCLUSIONI

Lo studio ha messo in evidenza per la Provincia di Alessandria **12 linee A.T. a criticità MEDIO ALTA** per le emissioni elettriche e magnetiche a 50Hz che interessano **23 Comuni** di seguito elencati:

TENSIONE kV	TERNA N°	INDICE DI CRITICITA' CORRETTOSULLA BASE DELLE MISURE	COMUNI INTERESSATI	GIUDIZIO
220	263	61.6	Bistagno	Criticità ALTA
380	394	16.8	Vignole B.ra Arquata Scrivia	
380	351	15*	Pontecurone Cerreto Grue Berzano di Tortona Sant'Agata Fossili Castellar Guidobono Montegioco	
132	610	11.9	Casale Monferrato	Criticità MEDIA
132	887	11.6	Tortona	
132	870	9.3	Vignole B.ra Arquata Scrivia	
220	245	8*	Tassarolo Francavilla Bisio Gamalero Gavi Serravalle Scrivia Sezzadio	
380	393	8*	Gavi Ponzone	
220	264	8*	Cavatore Melazzo Morbello	
132	39	8*	Rivalta Bormida	
132	614	8*	Valenza	
220	262	8*	Arquata Scrivia	

Fig. 5.1.5: Linee e Comuni critici

* stima di criticità corretta

Le misure hanno evidenziato alcuni **superamenti del limite per il campo elettrico** al di sotto di alcune campate della linea **T351** nel Comune di **Pontecurone** e della linea **T394** nel Comune di **Arquata Scrivia**. Le misure di campo magnetico raffrontate con i livelli di corrente dichiarati dal gestore hanno evidenziato potenziali criticità per le linee **T263 e T394** nei Comuni di **Vignole B.ra, Arquata Scrivia e Bistagno**. In quest'ultimo sono stati riscontrati due potenziali superamenti del campo magnetico sulle 24ore all'interno di abitazioni. Dei 23 comuni elencati dunque si evidenziano come **maggiormente critici: Bistagno, Vignole B.ra e Arquata Scrivia**.

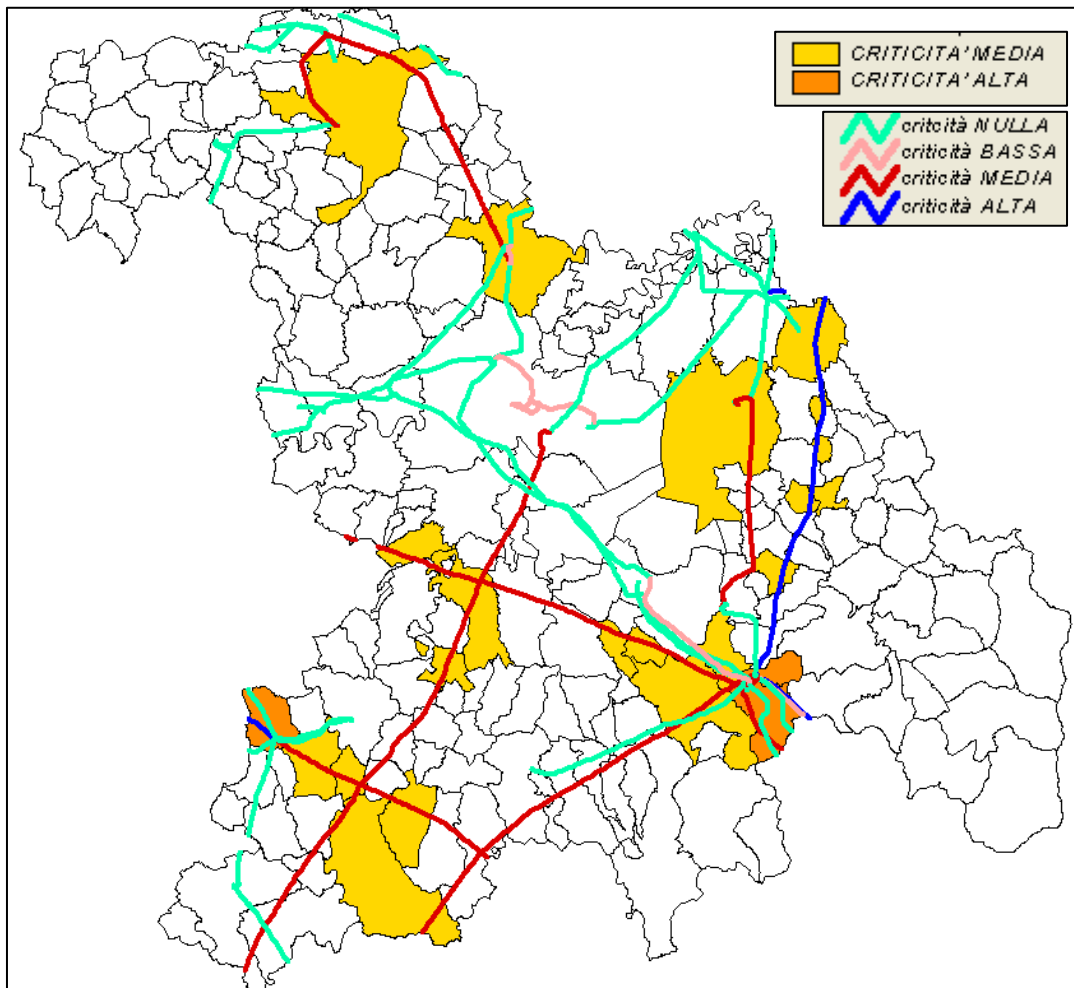


Fig. 5.2.3: Classificazione finale della criticità delle linee in Provincia di Alessandria e indicazione dei Comuni interessati dalle criticità.

In conclusione i **Comuni a criticità MEDIO ALTA** risultano essere: **Pontecurone, Cerreto Grue, Berzano di Tortona, Sant'Agata Fossili, Castellar Guidobono, Montegioco, Casale M.to, Tortona, Tassarolo, Gavi, Francavilla Bisio, Gamalero, Serravalle Scrivia, Sezzadio, Ponzone, Cavatore, Melazzo, Morbello, Rivalta B.da, Valenza.**

Per tali Comuni si prevedono controlli periodici.

I **Comuni a criticità ALTA** risultano essere: **Bistagno, Vignole B.ra, Arquata Scrivia e Pontecurone.**

Le linee a criticità **ALTA** risultano essere tre: **linea T351 a 380kV Castelnuovo S. – Vignole B.ra, linea T394 a 380kV Spezia – Vignole B.ra e linea a 220kV T263 Casanova – Bistagno.**

Per questi ultimi si prevedono controlli annuali presso le linee ed i Comuni critici evidenziati dallo studio.