

Cesena: attività di monitoraggio dell'inquinamento elettromagnetico da impianti di telefonia mobile e linee elettriche

*Relazione II° anno di attività
2022*

Arpae – Area Prevenzione Ambientale Est
Servizio Sistemi Ambientali
Unità di coordinamento CEM

Relazione a cura di:

Patrizia Luciali (Responsabile SSA)
Francesca Liguori (Resp.le Staff Coord.tecnico e di supporto SSA)
Cristina Ceccarelli (I.F. Unità coordinamento CEM)
Andrea Giunchedi (Operatore Unità di coordinamento CEM)

Gruppo di progetto :

Andrea Giunchedi
Silvia Sandrini
Matteo Starnini
Edoardo Acri
Luigi Saporito

Contatti ed informazioni: pluciali@arpae.it
cceccarelli@arpae.it
fliguori@arpae.it

INDICE

| | <i>Pag.</i> |
|---|-------------|
| 1 - Inquadramento generale | 1 |
| 2 - Misure del campo elettrico (E) prodotto dalla radiazione elettromagnetica ad alta frequenza (RF): metodologia e risultati | 2 |
| 2.1. - Metodologia e strumentazione | 2 |
| 2.2 – Individuazione dei siti di misura e risultati delle misure RF in continuo (centraline) (SCHEDE da 1 a 5) | 4 |
| 2.3 – Individuazione dei siti di misura e risultati delle misure RF di breve periodo (6 minuti). | 20 |
| 3 - Misure del campo di induzione magnetica (B) prodotto dalla radiazione elettromagnetica ad bassa frequenza (50 Hz – ELF): metodologia e risultati. | 33 |
| 3.1 – Metodologia e strumentazione | 33 |
| 3.2 – Individuazione dei siti di misura e risultati delle misure dell'induzione magnetica (H) per sorgenti ELF | 34 |
| 3.3 – Risultati delle misure in continuo e di breve periodo effettuate nei pressi della cabina AT/MT – Via Assano - Cesena. | 35 |
| 4 - Conclusioni. | 40 |

1 - Inquadramento generale

Anche nel Comune di Cesena, come del resto in gran parte del territorio regionale, sono presenti numerosi impianti fissi per le radiocomunicazioni (impianti per l'emittenza radiotelevisiva [Radio-TV] e stazioni radio base per la telefonia mobile [SRB]) ed impianti per la trasformazione e la distribuzione dell'energia elettrica (linee elettriche e cabine di trasformazione).

Sensibile alla tematica Campi ElettroMagnetici (CEM), il Comune di Cesena ha affidato ad Arpae l'attuazione di un Programma triennale di monitoraggio dei campi elettromagnetici (2021 – 2023) che prevede, per ciascun anno solare, l'esecuzione delle seguenti attività:

1. Il monitoraggio in continuo della radiazione elettromagnetica ad alta frequenza in tre postazioni individuate in base al contesto urbanistico e territoriale;
2. la misura della radiazione elettromagnetica ad alta frequenza per breve periodo (almeno 6 minuti) in almeno cinque postazioni, nella fascia oraria dalle 9 alle 15;
3. la misura dell'induzione magnetica generata dalle linee elettriche in almeno cinque punti;
4. misure brevi del campo magnetico prodotto nell'intorno di una cabina di trasformazione AT/MT e monitoraggio in continuo.
5. rappresentazione, a tre diverse quote (1.5 m; 6 m e 15 m), delle curve di isolivello del campo elettrico prodotto dalle SRB per le quali si è rilasciata l'autorizzazione.

Per tener conto di alcune innovazioni implementate nel modello di calcolo utilizzato per la simulazione del campo elettrico (EMLAB), in corso d'opera (2022) è stato proposto all'Amministrazione (che ha accettato) di modificare l'attività prevista al punto c) della convenzione (*Rappresentazione, a tre diverse quote (1.5 m; 6 m e 15 m), delle curve di isolivello del campo elettrico prodotto dalle SRB per le quali si è rilasciata l'autorizzazione*) offrendo una elaborazione più performante che sostituisce la rappresentazione bidimensionale a tre diverse altezze con una riproduzione grafica tridimensionale (3D) dei livelli di campo elettrico sulla superficie degli edifici presenti nel territorio del comune di Cesena.

Per la realizzazione dello studio è stato necessario, oltre a consultare la banca dati con l'archivio dei gestori, predisporre una mappa in formato shapes files (utilizzabile dai software GIS Arcview/QGis) con l'ubicazione degli impianti, dei punti di monitoraggio, dei punti di misura.

Parte di queste informazioni (fotografie e posizione dell'impianto, risultati dei monitoraggi RF eseguiti, ecc.) sono disponibili ed aggiornati con continuità sul sito web, all'indirizzo:

<https://www.arpae.it/it/temi-ambientali/campi-elettromagnetici/dati-campi-elettromagnetici>

Poiché la rappresentazione tridimensionale del fondo elettromagnetico generato dagli impianti di telefonia mobile su tutto il territorio comunale cesenate ha richiesto l'elaborazione di un numero consistente di tavole, i risultati delle simulazioni del campo elettrico verranno trattati in una relazione dedicata. Pertanto, nelle pagine che seguono sono riportati i risultati

delle misure effettuate nel 2022 e relative alle prime quattro attività sopra richiamate. Nel corso del 2022 non sono intervenute modifiche sostanziali alla struttura tecnica e normativa che regola l'esposizione della popolazione dei campi elettromagnetici, pertanto, per informazioni sugli aspetti generali afferenti la propagazione dei campi elettromagnetici, gli impianti di telecomunicazione e di distribuzione dell'energia elettrica, e la normativa di riferimento si rimanda alla lettura dei paragrafi 2, 3, 4 e 6 della relazione consegnata lo scorso anno nell'ambito dell'attività di monitoraggio prevista per l'anno 2021 dalla stessa convenzione.

2 - Misure del campo elettrico (E) prodotto dalla radiazione elettromagnetica ad alta frequenza (RF): metodologia e risultati

2.1. - Metodologia e strumentazione

La distribuzione dei campi elettromagnetici nello spazio circostante una sorgente dipende dalle caratteristiche radioelettriche della sorgente stessa e dal punto di osservazione. A seconda della distanza fra punto di misurazione e sorgente che origina il campo, si individuano due diverse regioni:

- Regione di campo vicino (reattivo / radiativo o zona di Fresnel);
- Regione di campo lontano (zona di Fraunhofer)

La separazione tra le due regioni dipende dalle dimensioni della sorgente (antenna) e dalla lunghezza d'onda (ovvero dalla frequenza di radiazione).

La distinzione fra le due regioni (campo vicino e campo lontano) è molto importante quando si devono eseguire delle misure. Infatti:

- in condizioni di campo vicino le misure di campo devono essere condotte in maniera indipendente per il campo elettrico e il campo magnetico;
- in condizioni di campo lontano, invece, è possibile misurare uno solo dei campi (elettrico o magnetico) e ricavare di conseguenza l'altro, essendo il campo elettrico E e quello magnetico H legati tra loro.

Le dimensioni delle sorgenti RF (antenne), le frequenze dei rispettivi segnali, nonché la reciproca distanza tra punto di misura ed antenna, sono tali da far ritenere valida l'approssimazione di campo lontano per la quasi totalità dei rilievi di campo elettromagnetico che vengono effettuati nell'attività di monitoraggio/misura dagli operatori Arpae.

In questa particolare condizione l'onda elettromagnetica ha le caratteristiche di onda piana; campo elettrico (E) e campo magnetico (H) sono in fase ed ortogonali tra loro; entrambi risultano perpendicolari alla direzione di propagazione dell'onda e le relazioni che legano E, H e S (densità di potenza) sono relativamente semplici.

Le caratteristiche sopra esposte fanno sì che, in approssimazione di campo lontano, sia sufficiente la verifica del rispetto del valore limite di una qualsiasi delle tre grandezze per poter affermare che sono rispettati anche i limiti relativi alle altre due.

Le misure del campo elettromagnetico possono essere:

- a “banda larga”;
- a “banda stretta”.

Le misure in banda larga – che, a loro volta, si distinguono in “misure di breve periodo” e “misure in continuo” - restituiscono la somma, intesa come somma quadratica, di tutti i contributi dei livelli di campo elettrico presenti nel punto di rilievo e in un definito intervallo di frequenze, che dipende dallo strumento usato; nel caso specifico: 3 MHz -18 GHz per le misure brevi e 100 KHz – 8 GHz per la misura in continuo. Gli strumenti di misura in banda larga sono tecnologicamente più semplici, a lettura diretta e più economici (se confrontati con quelli utilizzati per la banda stretta); consentono, comunque, di fare indagini accurate di un sito, nonché di individuare la presenza o meno di eventuali criticità.

Per le misure di breve periodo in banda larga si utilizza uno strumento portatile, di dimensioni ridotte e di peso contenuto, che presenta il vantaggio di poter essere utilizzato per indagare aree estese in tempi brevi: per la semplicità di esecuzione della misura è utilizzato anche per indagini preliminari del sito. La misura, effettuata in presenza dell’operatore in genere dura qualche decina di minuti e può servire anche per esplorare l’area e individuare il punto di massima esposizione dove, magari, installare lo strumento per la misura in continuo (centralina di monitoraggio) (Figura 1).

La centralina di monitoraggio è uno strumento rilocabile, ma più ingombrante dello strumento portatile; l’installazione richiede più tempo e, solitamente, lo strumento viene lasciato nello stesso sito per periodi prolungati (in genere qualche settimana) ed acquisisce i valori di campo elettrico in continuo, in assenza dell’operatore a presidio della misura.

Considerate le dimensioni dello strumento e del suo supporto (palo e base in metallo), per l’installazione della centralina è necessario individuare un sito adeguato che garantisca, oltre ai requisiti di sicurezza e di disponibilità, la rappresentatività della misura.



Figura 1 - Strumenti a banda larga: per misure di breve periodo e in continuo (centralina)

La misura di lungo periodo con la centralina di monitoraggio ha il vantaggio, rispetto alla misura di breve periodo, di rilevare in automatico per periodi di tempo lunghi tutti i contributi di campo elettrico, consentendo di caratterizzare l'eventuale variabilità temporale delle emissioni di impianti presenti in un determinato sito.

La misura di campo elettrico con lo strumento a *banda larga*, sia di breve periodo sia in continuo, è relativa a tutti i segnali che concorrono a determinare la misura di E, pertanto, questi strumenti non discriminano – nella banda di lavoro - le frequenze delle singole emissioni e la loro intensità. Per caratterizzare le emissioni in funzione delle frequenze dei segnali si deve ricorrere alle misure in *banda stretta*: poiché tali misure sono particolarmente onerose, anche in termini temporali, vi si ricorre solo se le misure in banda larga superano il 75% dei valori di cautela, così da valutare il contributo di ogni sorgente al livello totale di campo elettrico misurato.

Nello specifico, per il monitoraggio oggetto dello studio, è stata utilizzata la seguente strumentazione:

- Per le misure brevi (6 minuti) in banda larga
 - Analizzatore Narda tipo NBM-550 S/N B-1039, dotato di sonda tipo EF1891 S/N A-0431 (range di frequenza 3 MHz 18 GHz);
 - Misuratore di campo elettrico a banda larga Wavecontrol modello SMP2 S/N 18SN0939, dotato di sonda isotropica Wavecontrol modello WPF8 S/N 18WP040937 (range di frequenza 100 KHz ÷ 8 GHz).
- Per le misure in continuo (con registrazione del dato ogni 6 minuti) □
 - 2 centraline di monitoraggio per campi elettromagnetici della ditta NARDA PMM tipo 8057 FUB (tri-band) S/N 000WJ50785 e S/N 000WJ50787.

Le misure del campo elettrico in alta frequenza sono state effettuate secondo quanto previsto dalla Norma CEI 211-7:2001-01 *“Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettromagnetici nell’intervallo di frequenza 10 kHz – 300 GHz, con riferimento all’esposizione umana”* e dalla *“Guida tecnica per la misura di campi elettromagnetici compresi nell’intervallo di frequenza 100 kHz – 3 GHz in riferimento all’esposizione della popolazione”* (documento ANPA RTI CTN_AGF 1/2000).

2.2 – Individuazione dei siti di misura e risultati delle misure RF in continuo (centraline)

In accordo con l'Amministrazione comunale, le cinque postazioni per il monitoraggio in continuo sono state individuate in luoghi ritenuti *“sensibili”* in quanto utilizzati prevalentemente dalle fasce più fragili della popolazione (scuole, asili, ospedali e RSA). In particolare:

1. Ospedale Bufalini - Viale Giovanni Ghirotti, 286.
2. Scuola dell'infanzia - Asilo Nido Vigne Parco, Via casali, 70.
3. Scuola Primaria Salvo D'Acquisto - Via Padre Turolfo, 120

4. Scuola Secondaria di Primo Grado - Scuola media statale "Viale della Resistenza" - Via San Colombano, 190

5. Istituto Tecnico Geometri "Leonardo da Vinci" - Via Alcide De Gasperi, 36

Individuate le postazioni si è proceduto ad effettuare un'analisi delle installazioni presenti nel territorio cesenate e, di queste, quelle più vicine ai 5 punti di misura.

Nel catasto delle stazioni radio base autorizzate dal Comune di Cesena e attive nella zona oggetto di studio risultano **19** installazioni, su un totale di 93 nell'intero territorio comunale. Con il termine "installazione" - identificata da un indirizzo o da una coppia di coordinate geografiche - si intende la postazione di trasmissione radioelettrica costituita da un palo o traliccio, oppure collocata su di un tetto o copertura di un edificio, in grado di ospitare uno o più gestori (in quest'ultimo caso si parla di *co-siting*).

Nell'ipotesi cautelativa di campo libero (senza cioè tener conto dell'attenuazione degli edifici o di altri ostacoli), il campo elettrico, al di sotto dell'altezza media delle antenne, tende a diminuire con l'abbassarsi della quota (ovvero all'aumentare della distanza).

Nella Tabella 1 sono indicate le postazioni di misura e le SRB che maggiormente contribuiscono al campo elettrico nelle 5 postazioni individuate; mentre in Figura 2 è rappresentata l'area di studio con l'evidenza delle cinque postazioni (segnalino a stella giallo).

| Postazione di misura (in continuo) | Gestori nelle vicinanze (500 m) | | | | Quota postazione sls [m] |
|---|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------|----------------------|--------------------------------|
| Ospedale Bufalini Viale Giovanni Ghirelli, 286. | Tim FCC1 | Vodafone FO0301 | - | - | 9 |
| Scuola infanzia - Nido Vigne Parco Via Asali, 70. | Tim FO09 FL73 | Iliad FC47521_008 | Windtre FO090 FO042 | Linkem FC0045L | 0 |
| Scuola Primaria Salvo D'Acquisto Via Padre Turoldo, 120 | Tim FCC1 FL88 | Vodafone FO0301 FO0829A | Windtre FO376 | - | 3 |
| Scuola Secondaria di Primo Grado - Scuola media statale "Viale della Resistenza" Via San Colombano, 190. | Tim FO1B | - | Windtre FO304 | Iliad FC47522_015 | 0 |
| Istituto Tecnico Geometri "Leonardo da Vinci" Via Alcide De Gasperi, 36 | Tim FL13 FL88 FC67 | Vodafone FO0829A FO0302-X | Windtre FO376 | Go Internet 1129 | 3 |

Tabella 1 – Postazioni in cui sono state effettuate le misure di lungo periodo (centraline), SRB vicine e quota a cui è stata posizionata la centralina sls

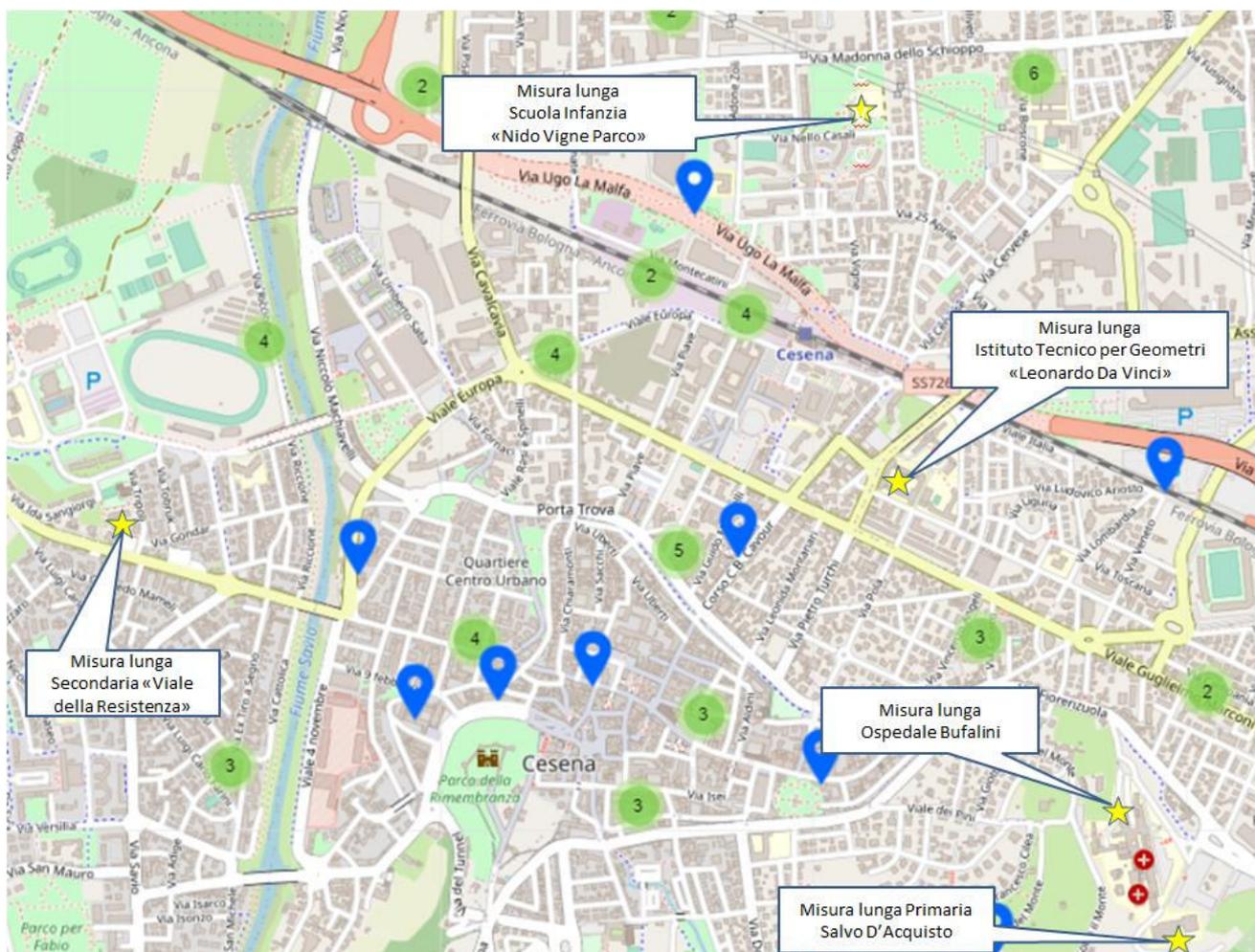


Figura 2 - Postazioni delle misure in continuo (centralina) – stella gialla. Nei cerchi verdi e nei segnaposto blu sono indicati gli impianti presenti.

Dall'analisi di tutti i valori rilevati risulta che, in nessun caso, i valori di campo elettrico hanno superato il limite di esposizione, pari a 20 V/m, e neppure il valore di attenzione e l'obiettivo di qualità, pari a 6 V/m, previsti nelle aree con permanenza non inferiore a 4 ore giornaliere dal DPCM 8 luglio 2003 e s.m.i. (artt. 3,4).

I dati di intensità di campo elettrico rilevati nei cinque punti sono stati raggruppati in 8 classi, in base al valore del campo elettrico E (Tabella 2 e Figura 3). Poiché la sonda delle centraline ha una sensibilità di 0.5 V/m o 0.3 V/m, le misure inferiori al limite di rilevabilità strumentale ricadono nel primo intervallo di campo elettrico minore di 0.5 V/m (intervallo < 0.5 V/m).

| | Intervallo del Campo Elettrico E [V/m] | | | | | | | |
|--------------------|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|
| | < 0,5 | 0,5÷1,0 | 1.0÷2.0 | 2.0÷3.0 | 3.0÷4.0 | 4.0÷5.0 | 5.0÷6.0 | > 6.0 |
| N° valori | 29683 | 72 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Percentuale | 99,75% | 0,24% | 0,003% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |

Tabella 2 – Numero di misure ricadenti in ciascuno degli otto intervalli di campo elettrico individuati e relativa percentuale

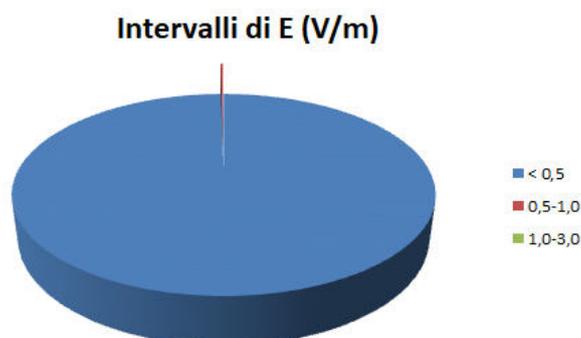


Figura 3 – Grafico a torta della distribuzione di tutti i valori di campo elettrico acquisiti con le centraline di monitoraggio in continuo nelle sette classi di E

Le misure in continuo effettuate nel corso del 2022 nelle cinque postazioni hanno consentito di rilevare un totale di **29.756** dati validi di campo elettrico.

Il **99.75%** dei valori di campo elettrico registrati è inferiore alla soglia di rilevabilità strumentale, pari a 0.5 V/m per la tipologia di centralina posizionata all’Istituto Tecnico per Geometri e alla Scuola Media e 0.3 V/m per gli strumenti utilizzati negli altri 3 punti di misura. La totalità dei valori di campo elettrico misurati è abbondantemente inferiore al valore di attenzione e all’obiettivo di qualità previsti nelle aree con permanenza superiore alle 4 ore giornaliere dal DPCM 8 luglio 2003 (artt. 3,4), ovvero 6 V/m.

Di seguito si riportano le “schede” relative alle cinque postazioni.

Oltre ai valori di campo elettrico misurato, nelle tabelle è riportato anche il valore del campo elettrico simulato e il limite o valore di attenzione applicabile alla postazione di misura.

Il valore di campo elettrico simulato è ottenuto applicando un modello di simulazione (software previsionale - EmLAB) in condizioni cautelative - la stessa metodologia utilizzata per valutare gli impianti nell’ambito dell’espressione del parere di competenza - ovvero considerando che:

- le fonti di emissione (impianti) che contribuiscono al campo elettrico nella postazione in esame siano tutte contemporaneamente attivi alla massima potenza (contributo massimo e sovrapposizione dei contributi);
- la propagazione del campo elettromagnetico avvenga in “spazio libero”, cioè senza considerare gli effetti schermanti dovuti alla presenza di ostacoli (alberatura, pareti, edifici,...);

Il valore simulato con EmLAB è il campo elettrico massimo che si avrebbe nelle condizioni conservative richiamate e non quello mediato su 6 minuti o su 24 ore richiamato in normativa e da confrontare con il limite di esposizione e i valori di attenzione.

La verifica che nelle valutazioni teoriche/preventive è applicato il principio di cautela è fatta confrontando il campo elettrico stimato in un punto con il massimo campo elettrico misurato nello stesso punto: il campo elettrico misurato risulta costantemente inferiore a quello simulato e questo conferma che l’approccio utilizzato è prudentiale.

1 SCHEDA

POSTAZIONE: Ospedale Bufalini - Viale Giovanni Ghirotti, 286.

Le misure sono state eseguite dal 27 settembre (ore 12:00) al 13 ottobre (ore 12:00) 2022, sul tetto della palazzina dove è ubicato l'ufficio tecnico dell'ospedale in Via Gaspare Battistini (Figura 4). In questa postazione (senza permanenza continuativa non inferiore a 4 ore al giorno) la normativa prevede che non debba essere mai superato il limite di esposizione di 20 V/m (media di 6 minuti).

La Tabella 3 riporta le principali statistiche relative alle misure effettuate e le Figure 5 e 5a il grafico dell'andamento del campo elettrico misurato nel periodo di rilevazione.



Punto 1 – Misura breve



Punto 1 – Misura prolungata

Figura 4 – Postazione Ospedale Bufalini - Viale Giovanni Ghirotti,, 286

| | Campo Elettrico E [V/m] | | | | | |
|---|-------------------------|-------|------|------------------|------------------|---------------|
| | min | media | Max | Max Media 24 ore | Simulato (Emlab) | Valore limite |
| Tetto palazzina Ufficio Tecnico Ospedale Bufalini | 0.15 | 0.28 | 0.36 | 0.31 | 0.65 | 20 |

Tabella 3 - Principali parametri statistici del campo elettrico misurato nella postazione, valore del campo elettrico simulato con EmLAB e valore limite

Grafico della campagna di monitoraggio del campo elettrico, Ospedale Bufalini

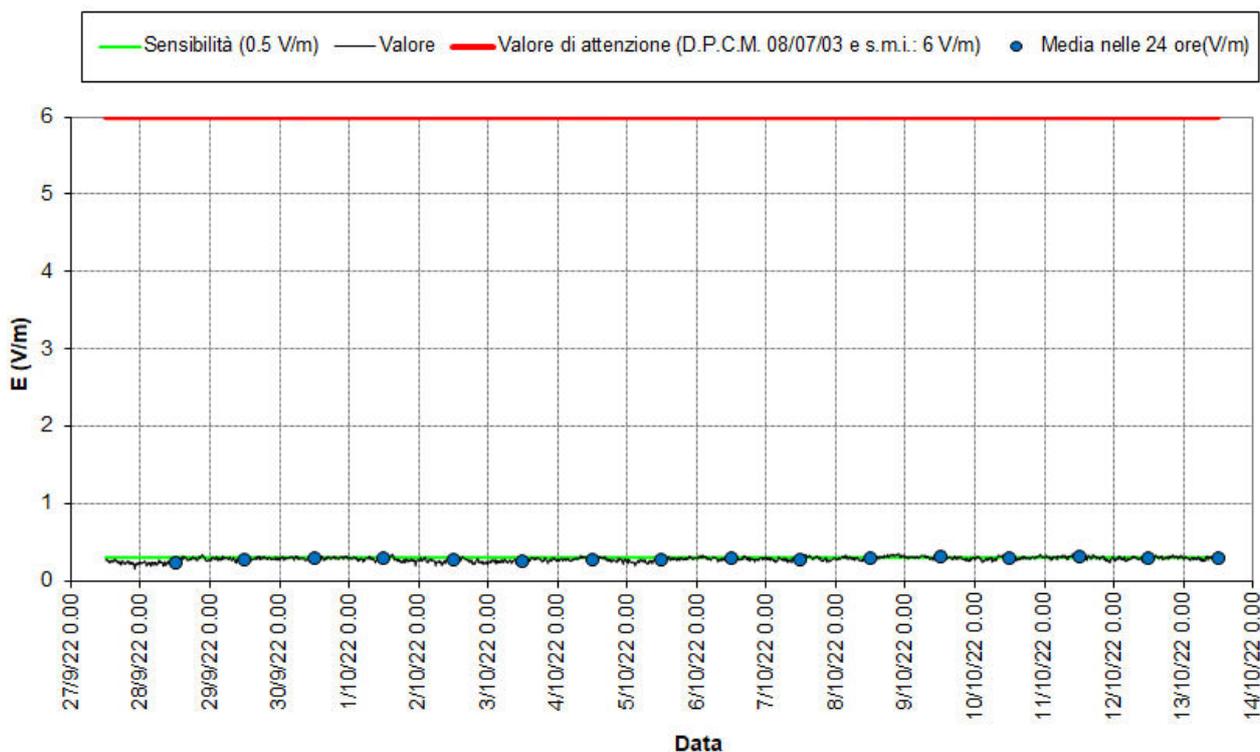


Figura 5 – Campo elettrico misurato nella Postazione Ospedale Bufalini – Via Gaspare Battistini

Grafico della campagna di monitoraggio del campo elettrico, Ospedale Bufalini

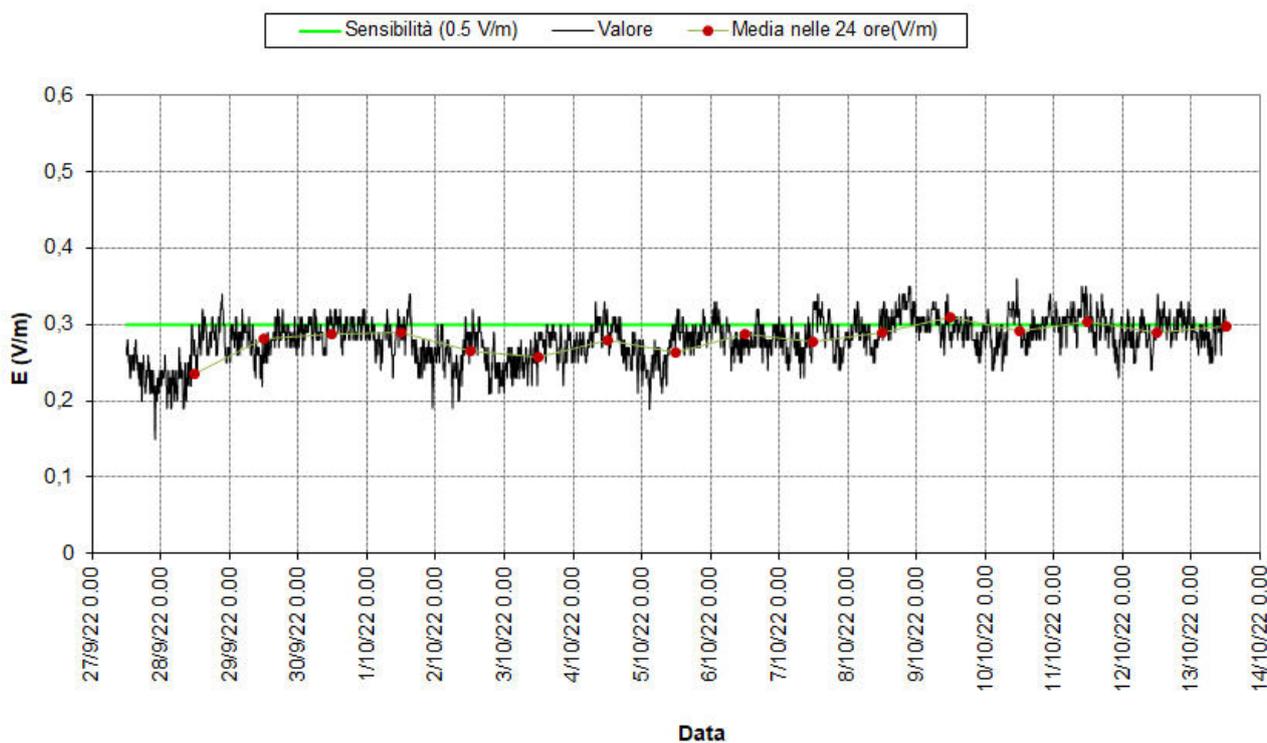


Figura 5a – Campo elettrico misurato nella Postazione Ospedale Bufalini – Via Battistini (Dettaglio)

A completamento dell'indagine svolta in questo sito sensibile (ospedale), sono state effettuate altre 6 misure brevi (di durata 6 minuti), 4 in esterno alla struttura ospedaliera e 2 all'interno della stessa (Figura 5b), calcolando negli stessi punti anche il valore simulato con EmLAB. I dati sono riportati in Tabella 4.

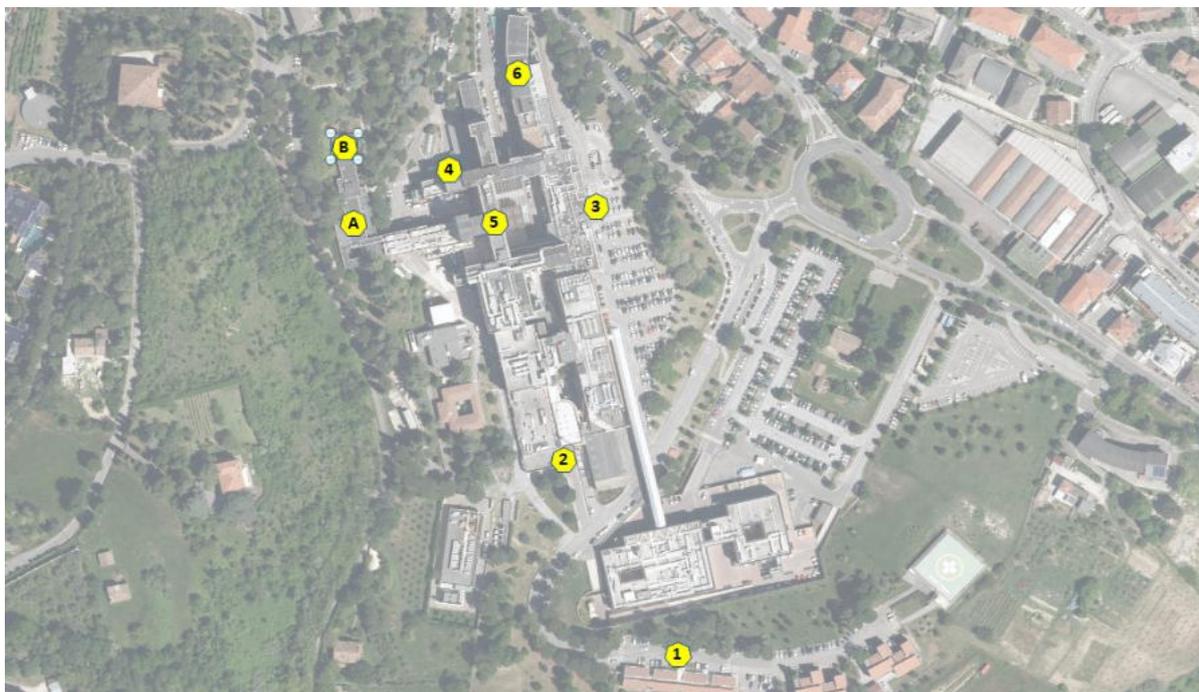


Figura 5b - Rappresentazione dei punti di misura breve all'Ospedale Bufalini

| Punto | Data e ora misura | E misurato Su 6 minuti [V/m] | E simulato [V/m] | ΔE % (*) | |
|-------|---|--------------------------------------|-----------------------|------------------|------|
| 1 | Via accesso sup. atterraggio elicotteri. | 13/10/22 10:20 | 0.28 | 0.68 | -59% |
| 2 | Ingresso Pronto Soccorso | 13/10/22 10:40 | 0.19 | 0.64 | -70% |
| 3 | Ingresso Principale | 13/10/22 11:00 | 0.29 | 0.65 | -55% |
| 4 | Ingresso Pronto Soccorso "vecchio" | 13/10/22 11:15 | 0.13 | 0.53 | -75% |
| 5 | Interno Medicina Riabilitativa | 13/10/22 11:30 | 0.55 | 0.68 | -19% |
| 6 | Interno locali Ex Cucina | 13/10/22 10:20 | 0.28 | 0.68 | -59% |
| A | Tetto palazzina Ufficio Tecnico lato Sud | 27/09/22 11:20 | 0.38 | 0.65 | -42% |
| B | Tetto palazzina Ufficio Tecnico lato Nord | 27/09/22 11:40 | 0.35 | 0.64 | -45% |

(*) differenza percentuale $\Delta E \% = (E_{\text{misurato}} - E_{\text{simulato}}) / E_{\text{simulato}}$

Tabella 4 – Valore delle misure di breve periodo effettuate nell'intorno dell'Ospedale "Bufalini", confronto con il valore simulato (EmLAB) e differenza percentuale

Dai valori riportati in tabella si evince che i livelli di campo elettrico misurati in diversi locali del complesso dell'Ospedale "Bufalini" sono, quasi ovunque, confrontabili con il limite di quantificazione strumentale ($E < 0.5$ V/m) e, pertanto, rispettano ampiamente il valore di attenzione di 6 V/m. Inoltre, tutti i valori misurati sono decisamente inferiori a quelli simulati con differenze percentuali del misurato rispetto al simulato che vanno da -75% (Pronto soccorso "vecchio") a -19% (Medicina riabilitativa).

2 SCHEDA

POSTAZIONE: Scuola infanzia - Asilo Nido “Vigne Parco” - via Casali, 70

Le misure sono state eseguite dal 21 dicembre 2022 (ore 24:00) al 22 gennaio 2023 (ore 24:00), nel cortile interno della struttura. (Figura 6) (area di pertinenza → riferimento normativo: valore di attenzione 6 V/m).



Punto 2 – Misura breve



Punto 2 – Misura prolungata

Figura 6– Postazione Scuola dell’infanzia - Asilo Nido Vigne Parco, via Casali, 70

La Tabella 5 riporta le principali statistiche relative alle misure effettuate e le Figure 7 e 7a il grafico dell’andamento del campo elettrico misurato nel periodo di rilevazione.

| | Campo Elettrico E [V/m] | | | | | |
|--|-------------------------|-------|------|------------------|------------------|----------------------|
| | min | medio | Max | Max Media 24 ore | Simulato (Emlab) | Valore di attenzione |
| Postazione Scuola dell’infanzia - Asilo Nido Vigne Parco, Via casali, 70 | 0.18 | 0.28 | 0.35 | 0.30 | 1.31 | 6 |

Tabella 5 - Principali parametri statistici del campo elettrico misurato nella postazione, valore del campo elettrico simulato con EMLAB e valore di attenzione

**Grafico della campagna di monitoraggio del campo elettrico,
Asilo Nido Vigne Parco, Via casali, 70**

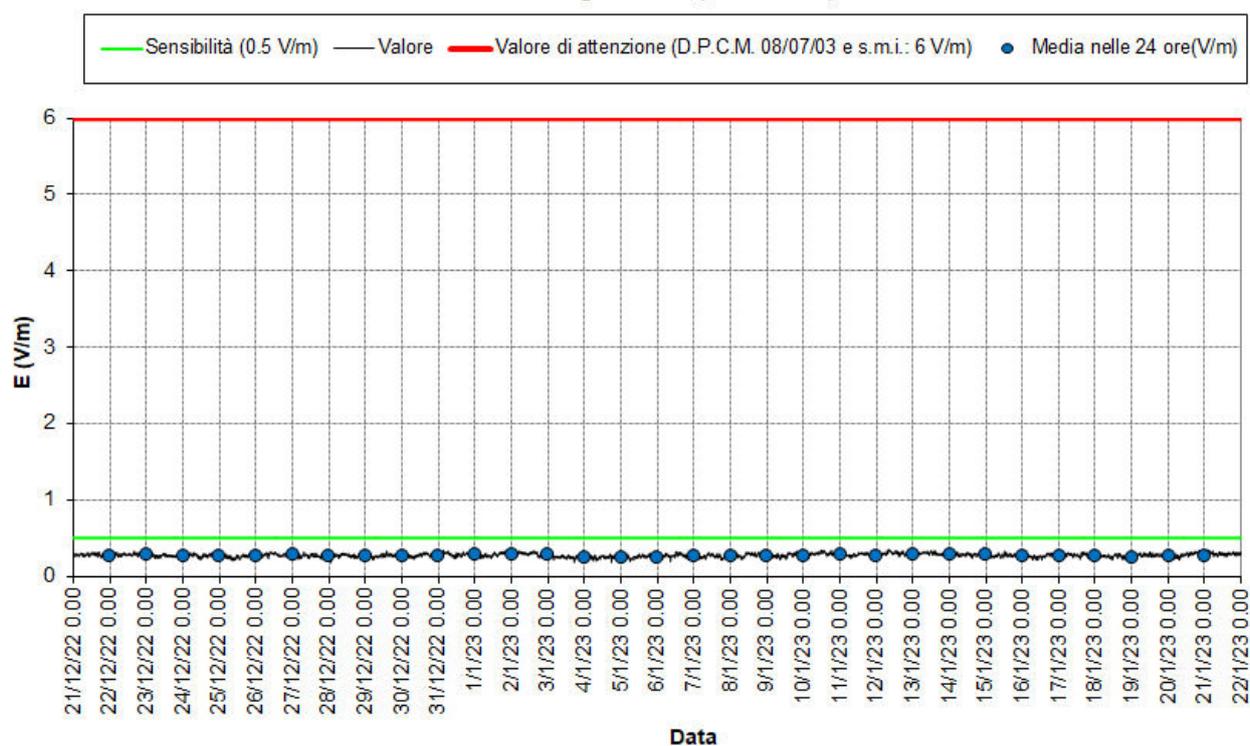


Figura 7 – Campo elettrico misurato dal nella Postazione “Asilo Nido Vigne Parco, Via Casali 70”

**Grafico della campagna di monitoraggio del campo elettrico
Asilo Nido Vigne Parco, Via Casali, 70**

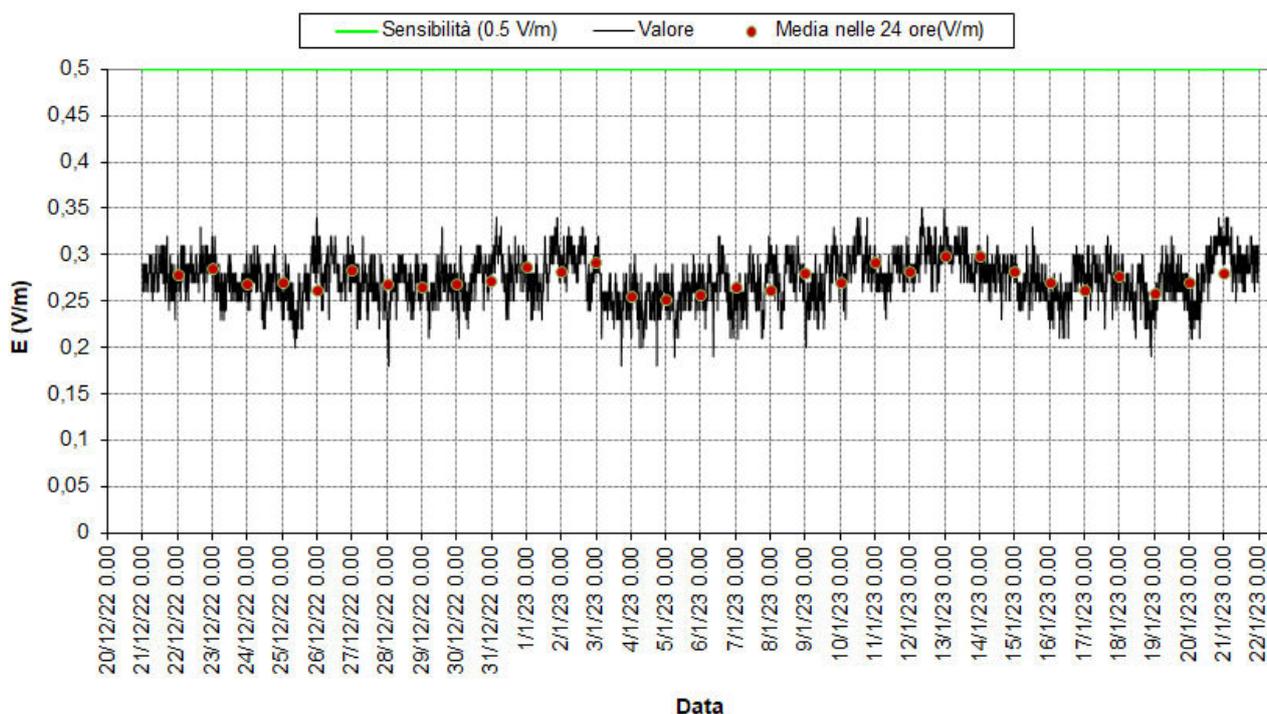


Figura 7a – Campo elettrico misurato dal nella Postazione “Asilo Nido Vigne Parco, Via Casali 70”
(dettaglio)

3 SCHEDA

POSTAZIONE: Scuola Primaria “Salvo D’Acquisto” -Via Padre Turoldo, 120

Le misure sono state eseguite dal 21 dicembre 2022 (ore 24:00) al 22 gennaio 2023 (ore 24:00) nel terrazzo esterno lato nord della scuola, Via Padre Turoldo (Figura 8) (area di pertinenza → riferimento normativo: valore di attenzione 6 V/m).



Punto 3– Misura breve



Punto 3 – Misura prolungata

Figura 8 – Postazione Scuola Primaria Salvo D’Acquisto - Via Padre Turoldo, 120

La Tabella 6 riporta le principali statistiche relative alle misure effettuate e le Figure 9 e 9a i grafici dell’andamento del campo elettrico misurato nel periodo di rilevazione.

| | Campo Elettrico E [V/m] | | | | | Valore di attenzione |
|--|-------------------------|-------|------|------------------|------------------|----------------------|
| | min | medio | Max | Max Media 24 ore | Simulato (Emlab) | |
| Postazione Scuola Primaria Salvo D’Acquisto - Via Padre Turoldo, 120 | 0.37 | 0.46 | 0.53 | 0.49 | 0.7 | 6 |

Tabella 6 - Principali parametri statistici del campo elettrico misurato nella postazione, valore del campo elettrico simulato con EMLAB e valore di attenzione

Grafico della campagna di monitoraggio del campo elettrico, Primaria Salvo D'Acquisto

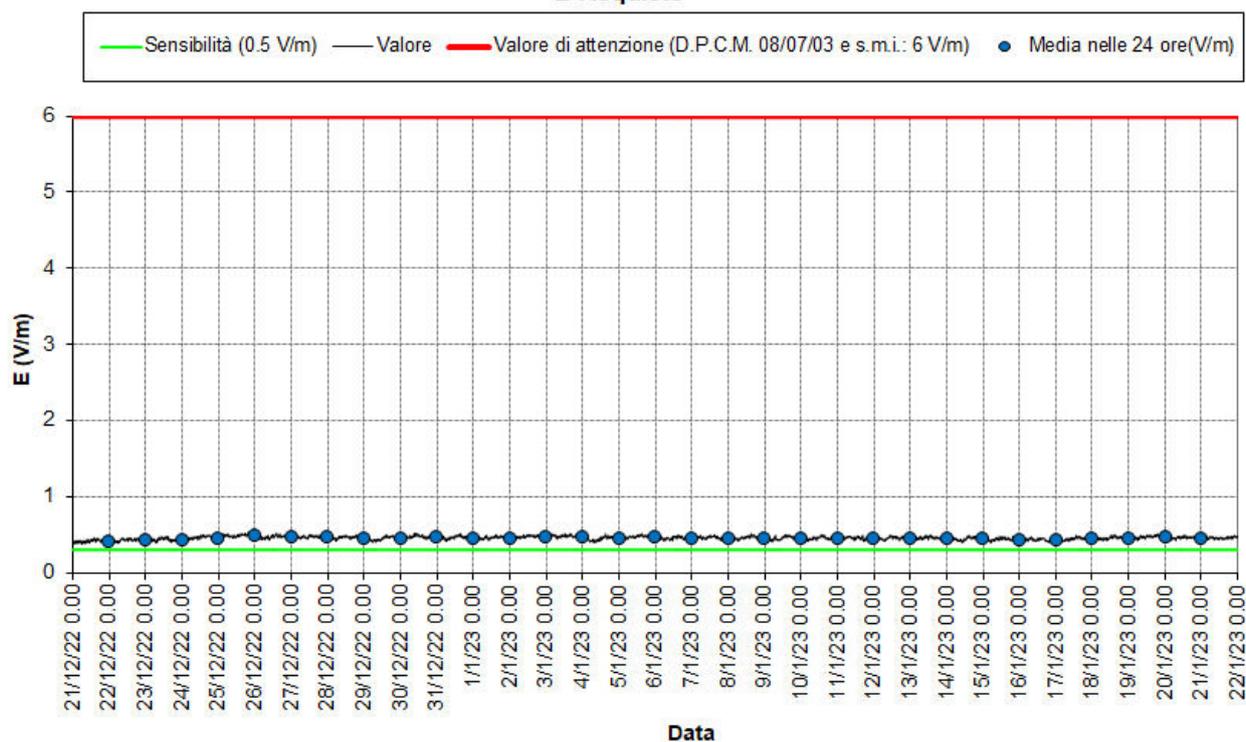


Figura 9– Campo elettrico misurato nella Postazione Primaria Salvo D'Acquisto

**Grafico della campagna di monitoraggio del campo elettrico
Primaria Salvo D'Acquisto**

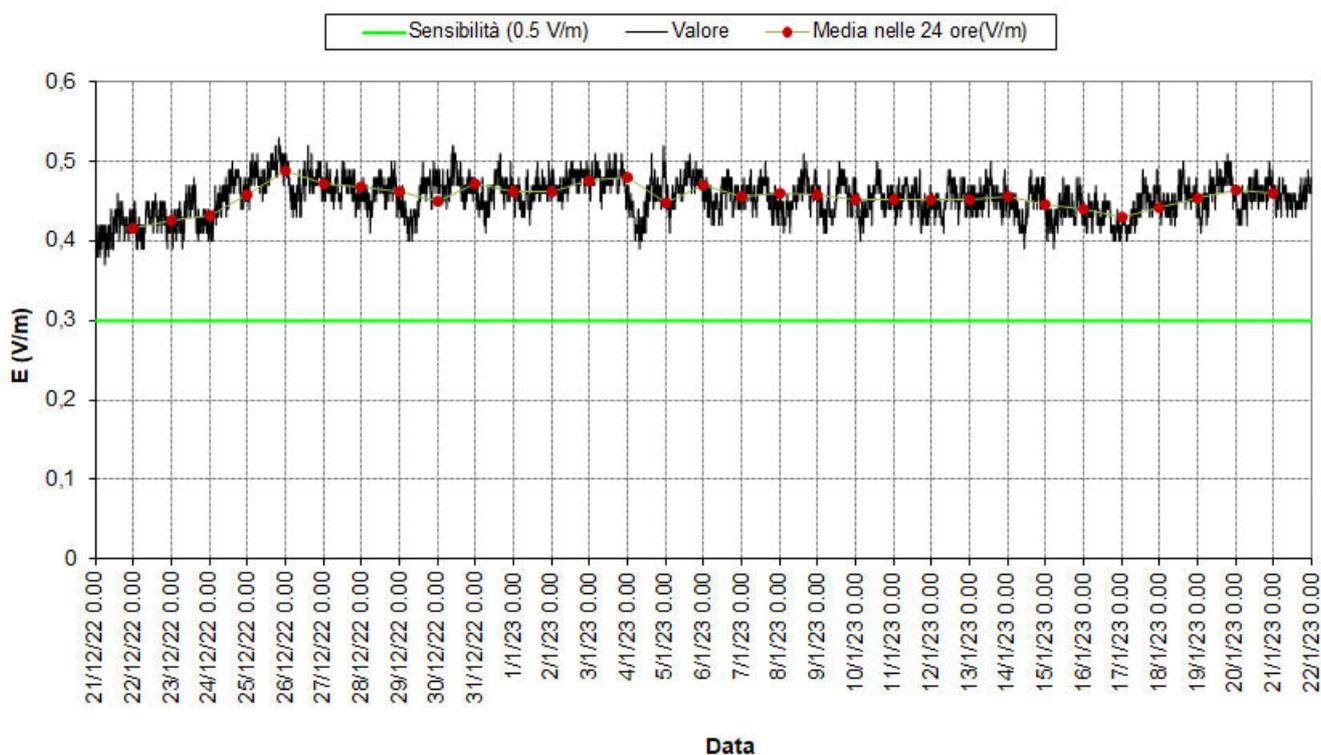


Figura 9a – Campo elettrico misurato nella Postazione Primaria Salvo D'Acquisto (dettaglio)

4 SCHEDA

POSTAZIONE: Scuola Secondaria di Primo Grado - Scuola media statale "Viale della Resistenza" - Via San Colombano, 190.

Le misure sono state eseguite dal 21 dicembre 2022 (ore 24:00) al 12 gennaio 2023 (ore 24:00), nel cortile interno della scuola (Figura 10) (area di pertinenza → riferimento normativo: valore di attenzione 6 V/m).



Punto 4 – Misura breve



Punto 4 – Misura prolungata

Figura 10 – Postazione Scuola Secondaria di Primo Grado - Scuola media statale "Viale della Resistenza" - Via San Colombano, 190

La Tabella 7 riporta le principali statistiche relative alle misure effettuate e le Figure 11 e 11a il grafico dell'andamento del campo elettrico misurato nel periodo di rilevazione.

| | Campo Elettrico E [V/m] | | | | | Valore di attenzione |
|--|-------------------------|-------|-----|------------------|------------------|----------------------|
| | min | medio | Max | Max Media 24 ore | Simulato (Emlab) | |
| Postazione Scuola Secondaria di Primo Grado - Scuola media statale "Viale della Resistenza" - Via San Colombano, 190 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 2.09 | 6 |

Tabella 7 - Principali parametri statistici del campo elettrico misurato nella postazione, valore del campo elettrico simulato con EMLAB e valore di attenzione

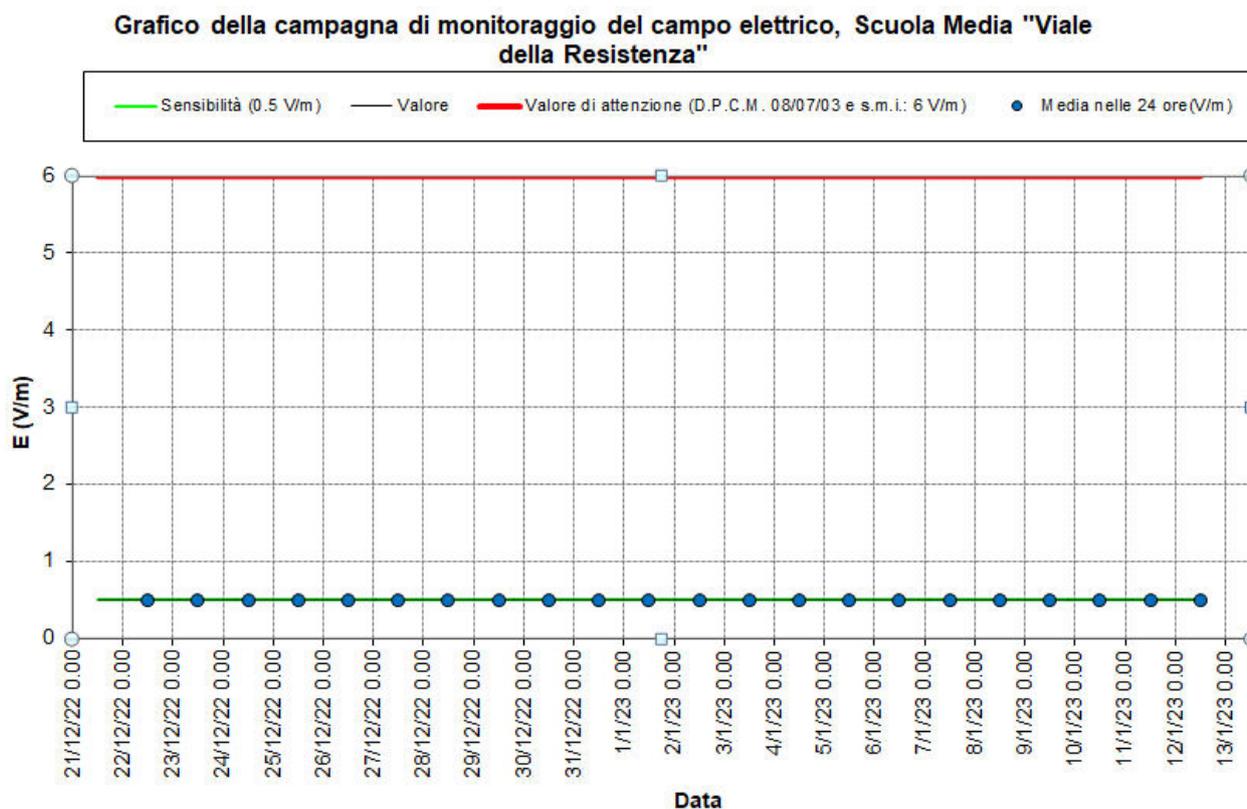


Figura 11 – Campo elettrico misurato nella Postazione Scuola Media “Viale della Resistenza”

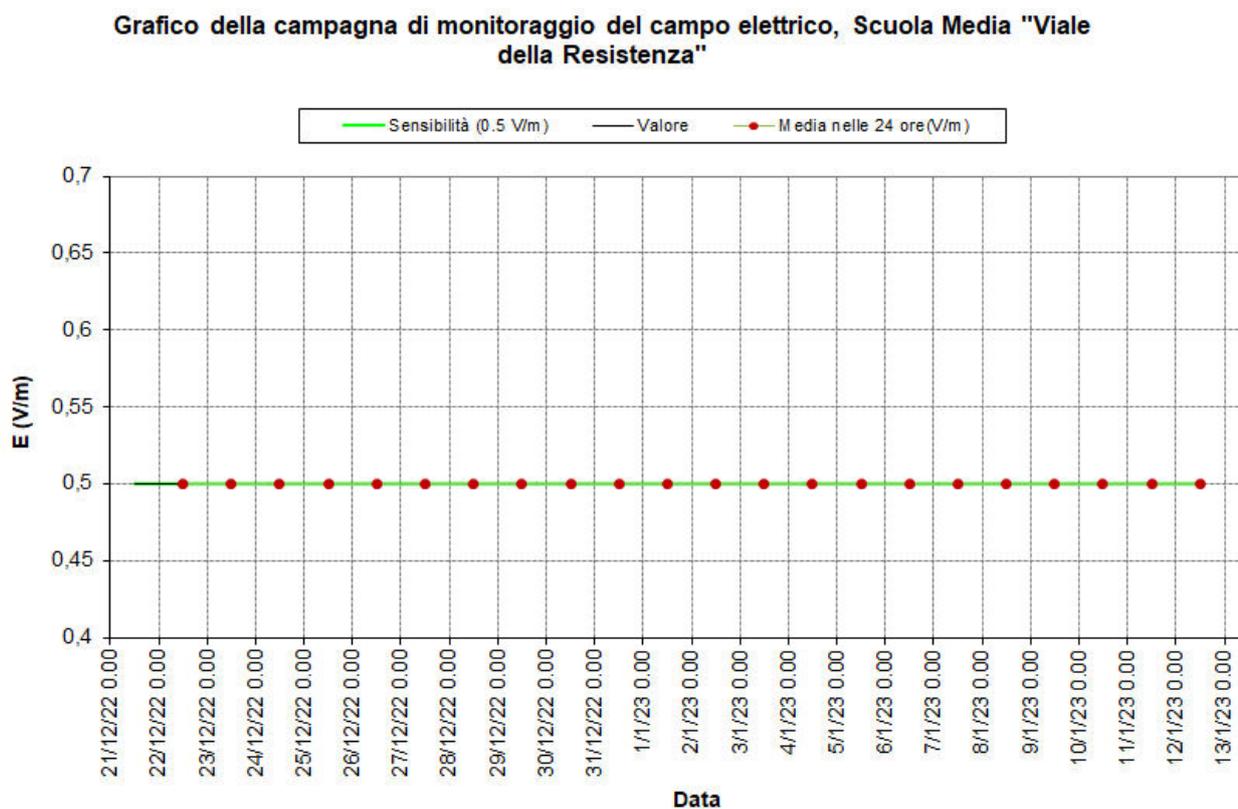


Figura 11a – Campo elettrico misurato nella Postazione Scuola Media “Viale della Resistenza” (dettaglio)

5 SCHEDA

POSTAZIONE: Istituto Tecnico Geometri "Leonardo da Vinci" - Via Alcide De Gasperi, 36

Le misure sono state eseguite dal 21 dicembre 2022 (ore 12:00) al 12 gennaio 2023 (ore 12:00), sopra una pensilina ubicata nel cortile interno della scuola (Figura 12).



Punto 5 – Misura breve



Punto 5 – Misura prolungata

Figura 12 – Postazione Istituto Tecnico Geometri "Leonardo da Vinci" - Via Alcide De Gasperi, 36

La Tabella 8 riporta le principali statistiche relative alle misure effettuate e le Figure 13 e 13a il grafico dell'andamento del campo elettrico misurato nel periodo di rilevazione.

| | Campo Elettrico E [V/m] | | | | | |
|---|-------------------------|-------|------|------------------|------------------|----------------------|
| | min | media | Max | Max Media 24 ore | Simulato (Emlab) | Valore di attenzione |
| Istituto superiore per Geometri "Leonardo da Vinci" | 0.5 | 0.5 | 1.10 | 0.5 | 1.55 | 6 |

Tabella 8 - Principali parametri statistici del campo elettrico misurato nella postazione, valore del campo elettrico simulato con EMLAB e valore di attenzione

Grafico della campagna di monitoraggio del campo elettrico, Istituto Superiore Per Geometri "Leonardo Da Vinci"

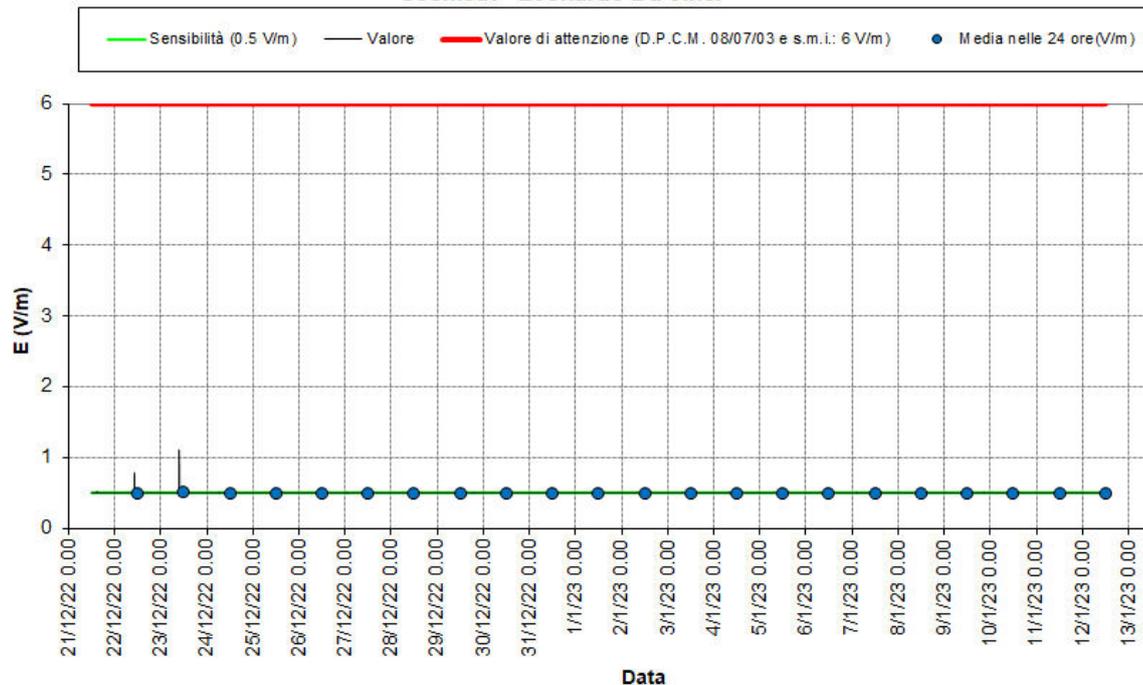


Figura 13 – Campo elettrico misurato nella Postazione Istituto Tecnico Geometri "Leonardo da Vinci" - Via Alcide De Gasperi, 36

Grafico della campagna di monitoraggio del campo elettrico, Istituto Superiore Per Geometri "Leonardo Da Vinci"

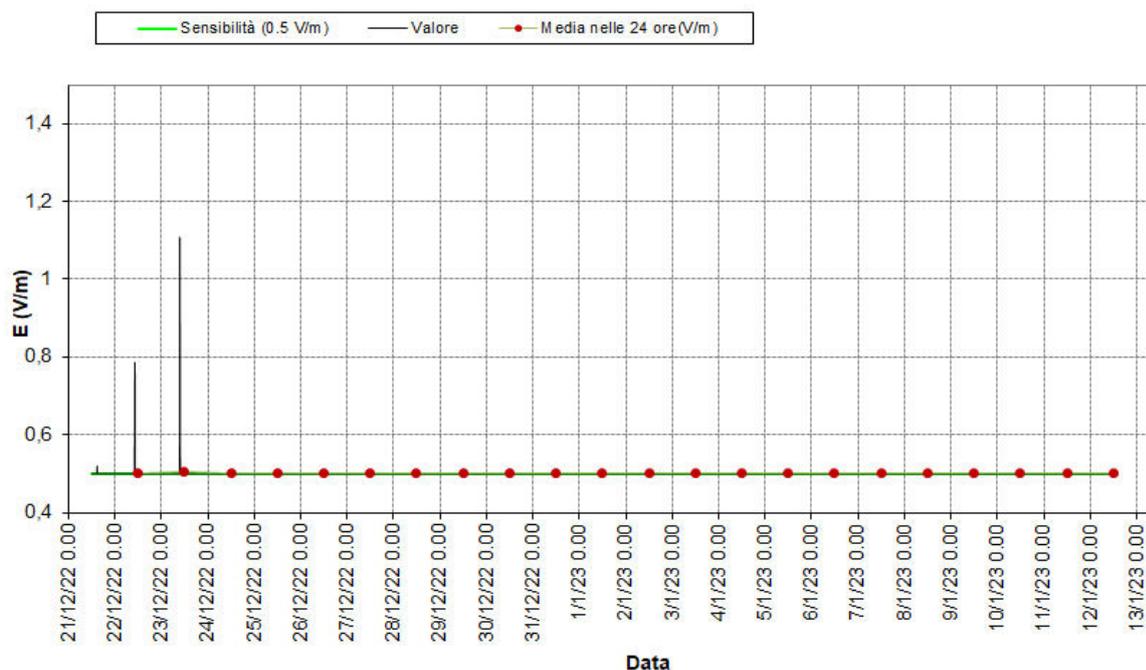


Figura 13a – Campo elettrico misurato nella Postazione Istituto Tecnico Geometri "Leonardo da Vinci" - Via Alcide De Gasperi, 36 (dettaglio)

In sintesi, i parametri statistici nelle cinque postazioni sono riportati in Tabella 9:

| Postazione monitorata in continuo | N° dati E | Campo Elettrico E [V/m] | | | | Limite/Valore di attenzione |
|---|-----------|-------------------------|-------|------|------------------|-----------------------------|
| | | min | Media | max | Max Media 24 ore | |
| Ospedale Bufalini - Viale Giovanni Ghirotti, 286. | 3840 | 0.15 | 0.28 | 0.36 | 0.31 | 20 |
| Scuola dell'infanzia - Asilo Nido Vigne Parco, Via casali, 70 | 7680 | 0.18 | 0.28 | 0.35 | 0.30 | 6 |
| Scuola Primaria Salvo D'Acquisto - Via Padre Turollo, 120 | 7680 | 0.37 | 0.46 | 0.53 | 0.49 | 6 |
| Scuola Secondaria di Primo Grado - Scuola media statale "Viale della Resistenza" - Via San Colombano, 190 | 5280 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 6 |
| Istituto superiore per Geometri "Leonardo da Vinci" | 5280 | 0.50 | 0.50 | 1.10 | 0.50 | 6 |

Tabella 9 - Principali parametri statistici del campo elettrico misurato nelle 5 postazioni e riferimento normativo applicabile al sito di misura

La media del periodo di misura (Media) non supera, in alcuna postazione, il valore di 0.50 V/m.

Il campo elettrico massimo (mediato sui 6 minuti - max) misurato nelle 5 campagne (ovvero su 29.760 valori rilevati in totale) è 1.10 V/m.

Il valore massimo delle medie nelle 24 ore (Max Media 24 ore), per le diverse postazioni, è compreso fra 0.30 V/m e 0.50 V/m, quindi abbondantemente inferiore al valore di attenzione previsto dalla normativa per tale parametro, cioè 6 V/m.

Nella Tabella 10 il campo elettrico massimo misurato è confrontato con quello simulato in corrispondenza della medesima postazione: la differenza percentuale fra i due valori è riportata nell'ultima colonna e anche in questo caso (misure di lungo periodo) tutti i valori misurati sono decisamente inferiori a quelli simulati, con differenze percentuali del misurato rispetto al simulato che vanno da -76% (Scuola "Viale della Resistenza") a -24% (Scuola Primaria Salvo D'Acquisto) e questo avvalorata la conservatività dell'approccio cautelativo utilizzato nelle valutazioni teoriche anche per il rilascio dei pareri.

| Postazione di misura | Periodo misura | E max misure su 6 minuti [V/m] | E simulato [V/m] | ΔE % (*) |
|---|-----------------------------------|--------------------------------|------------------|------------------|
| 1 Ospedale Bufalini - Viale Giovanni Ghirotti, 286. | 27/09 ore 12:00 ÷ 13/10 ore 12:00 | 0.36 | 0.65 | -45% |
| 2 Scuola dell'infanzia - Asilo Nido Vigne Parco, Via casali, 70 | 21/12 ore 24:00 ÷ 21/01 ore 24:00 | 0.35 | 1.31 | -73% |
| 3 Scuola Primaria Salvo D'Acquisto - Via Padre Turollo, 120 | 21/12 ore 24:00 ÷ 21/01 ore 24:00 | 0.53 | 0.70 | -24% |
| 4 Scuola Secondaria di Primo Grado - Scuola media statale "Viale della Resistenza" - Via San Colombano, 190 | 21/12 ore 12:00 ÷ 21/01 ore 12:00 | 0.5 | 2.09 | -76% |
| 5 Istituto superiore per Geometri "Leonardo da Vinci" | 21/12 ore 12:00 ÷ 21/01 ore 12:00 | 1.10 | 1.55 | -29% |

(*) differenza percentuale $\Delta E \% = (E_{\text{misurato}} - E_{\text{simulato}}) / E_{\text{simulato}}$

Tabella 10 – E max nelle 5 postazioni, confronto con il valore simulato (EmLAB) e differenza percentuale

Nella Figura 14 i principali valori statistici del campo elettrico misurato nelle campagne di monitoraggio in continuo effettuate nel 2022 a Cesena sono riportate in un grafico a barre, insieme al dato simulato nelle medesime postazioni (indicatore: rombo).

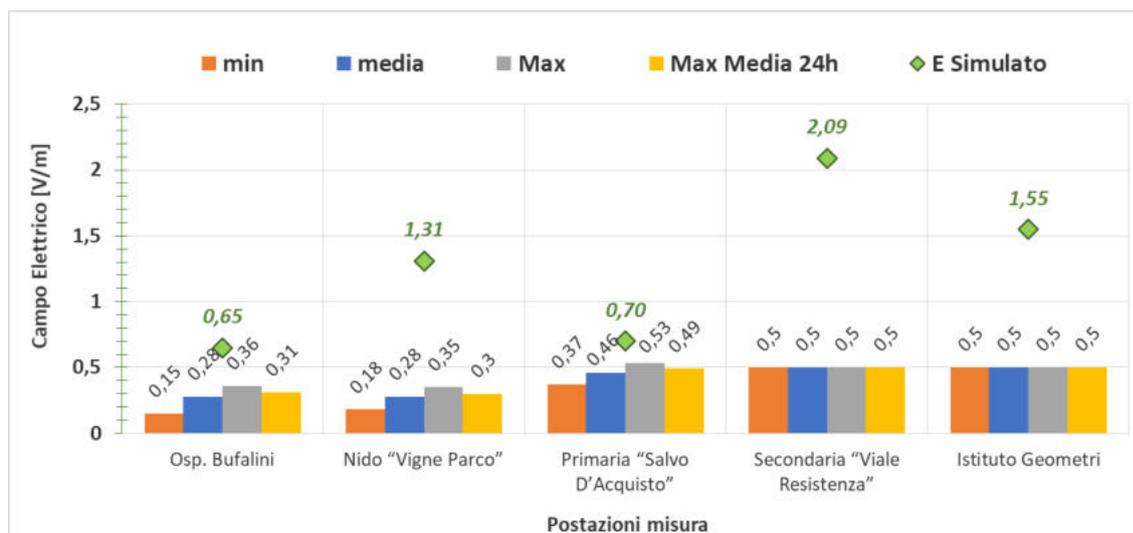


Figura 14 – Principali valori statistici del campo elettrico misurato nelle campagne di monitoraggio in continuo effettuate nel 2022.

2.3 – Individuazione dei siti di misura e risultati delle misure RF di breve periodo (6 minuti).

La convenzione con il Comune di Cesena prevede che le misure di breve periodo della radiazione elettromagnetica ad alta frequenza vengano effettuate in almeno cinque postazioni, per almeno 6 minuti in ogni sito, nella fascia oraria dalle 9 alle 15.

In accordo con l'Amministrazione comunale, anche in questo secondo anno di convenzione, si è adottato un approccio di monitoraggio a griglia, andando a svolgere un numero di misure decisamente superiore rispetto a quelle previste in convenzione.

In continuità con l'attività di monitoraggio effettuata nel corso del 2021, l'indagine ha coinvolto i quartieri e le zone periferiche del territorio comunale, riprendendo inoltre alcune posizioni di misura del centro storico, per un confronto dei risultati tra i due anni.

Per individuare i punti di misura, è stato sovrapposto un reticolo con maglie pari a 500 m di lato all'area periferica del comune di Cesena con la maggiore densità abitativa: la suddivisione di questa porzione di territorio in aree regolari di 0.25 Km² ha richiesto l'elaborazione di un reticolo formato da 41 maglie.

Per dare continuità all'area di studio da monitorare, al grigliato sopra descritto sono state aggiunte ulteriori 10 maglie per coprire l'intera area periferica, e altre 6 in corrispondenza del centro storico, già oggetto di un capillare monitoraggio nel corso del 2021.

Ciascuna maglia è identificata con la numerazione di seguito descritta:

1. a ciascuna delle 41 maglie dell'area periferica del comune di Cesena con la maggiore densità abitativa (Figura 15) è stata assegnata una numerazione progressiva da 1 a 41;
2. alle 10 maglie aggiuntive di "collegamento" alle 41 sopra descritte è stata assegnata la numerazione della maglia contigua seguita dal suffisso A, B, C, D es: 35A, 35B, 35C, 35D,... ecc..(Figura 16);
3. le 6 maglie in corrispondenza del centro storico sono contrassegnate dalla lettera C seguita da un numero progressivo., es C1, C2, ecc...(Figura 16).

Lo strumento di misura è stato, ove possibile, posizionato al centro di ciascuna maglia.

Alcuni elementi valutati in situ hanno concorso ad individuare il posizionamento ottimale dello strumento all'interno della maglia, ovvero:

- posizioni che garantivano maggiore significatività della misura;
- effettiva accessibilità, in particolare in aree private;
- assenza di schermature del campo elettromagnetico come edifici o strutture metalliche.

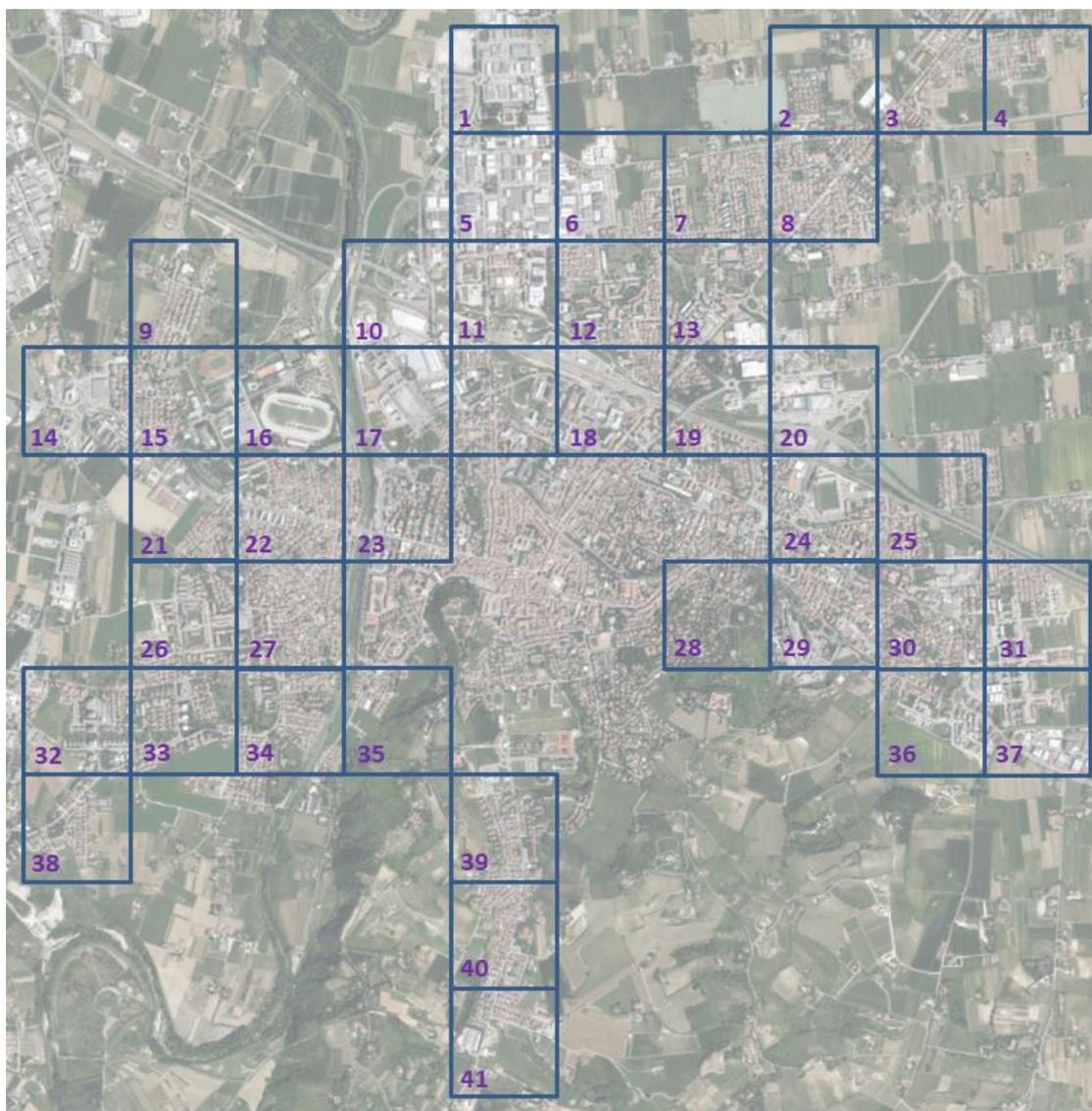


Figura 15: Individuazione preliminare delle aree del grigliato.

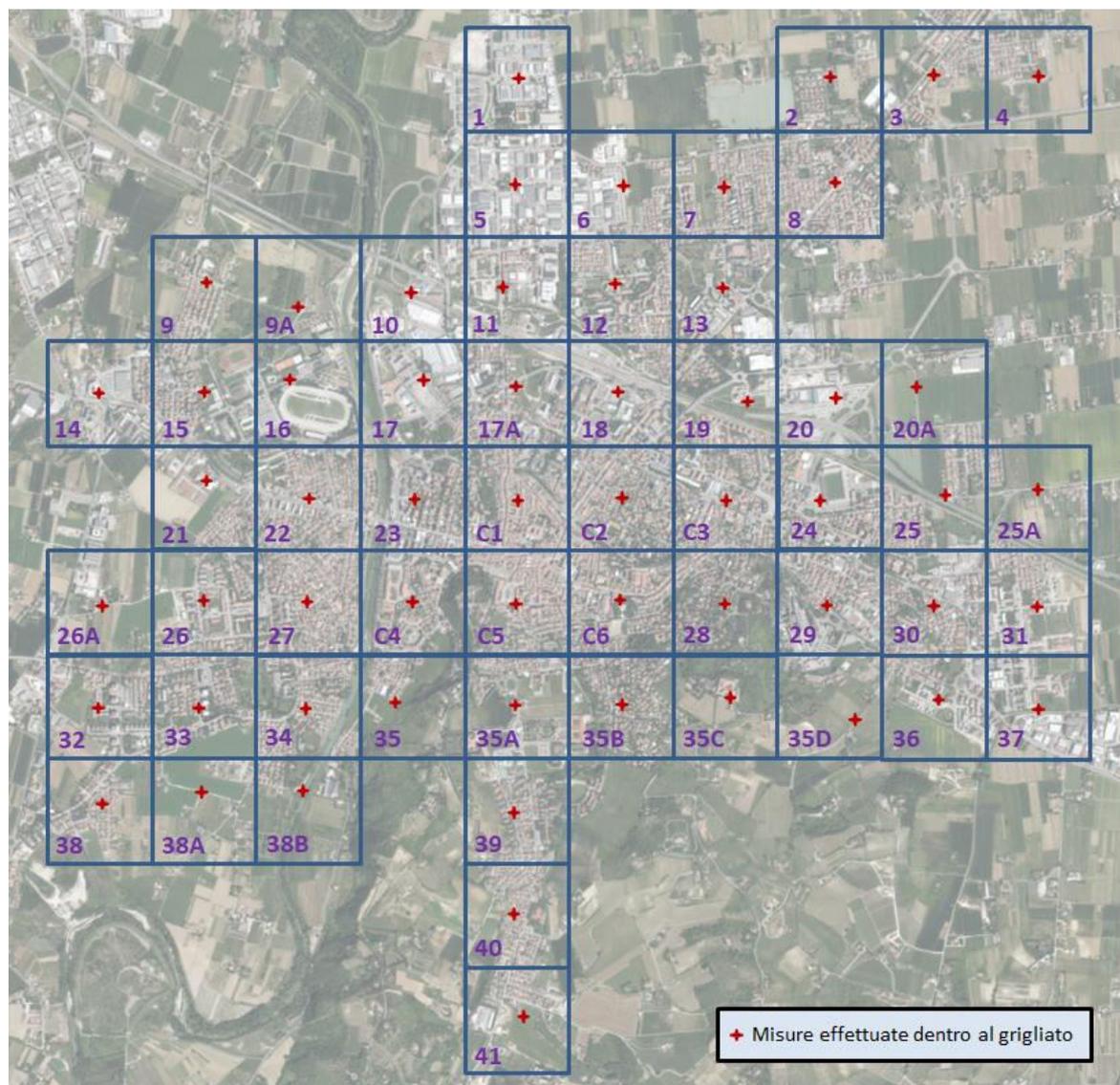


Figura 16: Rappresentazione dei punti di misura del campo elettrico RF all'interno del grigliato

Le misure brevi sono state effettuate con la strumentazione portatile in dotazione (Wandel & Goltermann Tipo EMR-300 e Narda tipo NBM-50 S/N B-1039) posizionando lo strumento su di un tripode di materiale dielettrico, con la sonda ad una altezza di 1.5 m dal suolo.

E' stato acquisito il valore medio del campo elettrico su un intervallo temporale di sei minuti.

Le coordinate dei punti di misura sono state acquisite tramite GPS e, successivamente, rappresentate sulla cartografia Ageo fornita dalla RER.

In totale sono state effettuate 58 misure di campo elettrico di durata ciascuna di 6 minuti.

Successivamente, in corrispondenza degli stessi punti, è stato calcolato il campo elettrico con il modello di simulazione EmLab (E_{simulato}).

I risultati delle misure, delle simulazioni e le differenze percentuali sono riportate in Tabella 11 e le fotografie delle stesse sono riportate in Tabella 12.

| Postazione | | Data e ora misura | E misurato (media 6 min.) [V/m] | E simulato [V/m] | $\Delta E \% (*)$ |
|------------|--------------------------------|-------------------|---|-----------------------|-------------------|
| 1 | Via Quinto Bucci | 9 sett. - 9:15 | 0.48 | 1.74 | -72% |
| 2 | Via Tavollicci | 9 sett. - 9:26 | 0.26 | 0.83 | -69% |
| 3 | Via Ferrara | 9 sett. - 9:35 | 0.26 | 1.06 | -75% |
| 4 | Via Impastato | 9 sett. - 9:47 | 0.12 | 2.05 | -94% |
| 5 | Via Cipro | 9 sett. - 9:58 | 0.66 | 2.17 | -70% |
| 6 | Via Giordano Bruno | 9 sett. - 10:08 | 0.51 | 1.93 | -74% |
| 7 | Via Mancini | 9 sett. - 10:28 | 0.5 | 2.91 | -83% |
| 8 | Via Cervese | 9 sett. - 10:40 | 0.3 | 0.54 | -44% |
| 9 | Via Levanto | 9 sett. - 11:00 | 0.48 | 1.56 | -69% |
| 9A | Via Riccione | 9 sett. - 11:15 | 0.32 | 1.33 | -76% |
| 10 | Via Santa Rita da Cascia | 9 sett. - 11:28 | 0.89 | 2.62 | -66% |
| 11 | Via Ravennate | 9 sett. - 11:42 | 0.52 | 2.12 | -75% |
| 12 | Via Barducci | 9 sett. - 12:00 | 0.4 | 1.14 | -65% |
| 13 | Via Boscone | 9 sett. - 12:20 | 0.62 | 3.72 | -83% |
| 14 | Via delle Crocerossine | 9 sett. - 12:38 | 0.38 | 1.35 | -72% |
| 15 | Via Rivarolo | 9 sett. - 12:55 | 0.23 | 1.01 | -77% |
| 16 | Via Ambrosini-Ippodromo | 9 sett. - 14:05 | 0.31 | 4.02 | -92% |
| 17 | Via Quasimodo | 9 sett. - 14:20 | 0.16 | 3.54 | -95% |
| 17A | Viale Europa | 9 sett. - 14:42 | 0.56 | 2.45 | -77% |
| 18 | Piazzale Karl Marx | 9 sett. - 14:55 | 0.59 | 2.48 | -76% |
| 19 | Viadotto Kennedy/Montefiore | 9 sett. - 15:05 | 0.64 | 3.31 | -81% |
| 20 | Via Montefiore | 9 sett. - 15:22 | 0.72 | 2.61 | -72% |
| 20A | Via Leonilde Iotti | 9 sett. - 15:45 | 0.42 | 0.75 | -44% |
| 21 | Via Farini-Tigotà | 12 sett. - 9:25 | 0.37 | 2.55 | -85% |
| 22 | Staz. ENI – Via Emilia | 12 sett. - 9:42 | 0.37 | 1.42 | -74% |
| 23 | Via Pisacane | 12 sett. - 10:02 | 0.65 | 2.15 | -70% |
| 24 | Via dello Stadio | 12 sett. - 10:20 | 0.3 | 2.54 | -88% |
| 25 | Via del mare | 12 sett. - 10:35 | 0.27 | 2.02 | -87% |
| 25A | Via Cesenatico | 12 sett. - 10:52 | 0.44 | 1.63 | -73% |
| 26 | Via Giardino S. Mauro 351 | 12 sett. - 11:10 | 0.23 | 1.51 | -85% |
| 26A | Via Giardino San Mauro | 12 sett. - 11:25 | 0.67 | 2.47 | -73% |
| 27 | Via Maresi | 12 sett. - 11:38 | 0.31 | 2.84 | -89% |
| 28 | Via Veneziano | 12 sett. - 11:50 | 0.3 | 0.81 | -63% |
| 29 | Via Caboto | 12 sett. - 12:15 | 0.52 | 2.17 | -76% |
| 30 | Via Paradiso | 12 sett. - 12:28 | 0.75 | 2.12 | -65% |
| 31 | Via Angelini | 12 sett. - 12:40 | 0.31 | 1.21 | -74% |
| 32 | Via San Giuliano | 12 sett. - 14:10 | 0.98 | 4.12 | -76% |
| 33 | Via Della Valle | 12 sett. - 14:25 | 0.21 | 1.87 | -89% |
| 34 | Via Po | 12 sett. - 14:40 | 0.17 | 1.66 | -90% |
| 35 | Via Buoizzi | 12 sett. - 14:50 | 0.31 | 1.19 | -74% |
| 35A | Via Pacchioni | 12 sett. - 15:06 | 0.62 | 2.61 | -76% |
| 35B | Via R. Zandonai | 12 sett. - 15:20 | 0.23 | 2.02 | -89% |
| 35C | Via del Monte – Abazia | 12 sett. - 15:35 | 0.50 | 0.48 | 4% |
| 35D | Via San Marco | 12 sett. - 15:45 | 0.14 | 0.60 | -77% |
| 36 | Via Elsa Morante | 12 sett. - 15:58 | 0.22 | 0.93 | -76% |

| Postazione | | Data e ora misura | E misurato (media 6 min.) [V/m] | E simulato [V/m] | ΔE % (*) |
|------------|------------------------|-------------------|---|-----------------------|----------|
| 37 | Via Matalardo | 13 sett. - 10:06 | 0.61 | 0.75 | -19% |
| 38 | Via Tosi | 13 sett. - 10:30 | 0.32 | 1.88 | -83% |
| 38A | Via Ancona | 13 sett. - 10:46 | 0.38 | 1.21 | -69% |
| 38B | Ponte di ferro | 13 sett. - 11:00 | 0.44 | 2.51 | -82% |
| 39 | Via Balestra | 13 sett. - 11:14 | 0.16 | 1.27 | -87% |
| 40 | Via Lanciano | 13 sett. - 11:25 | 0.21 | 2.07 | -90% |
| 41 | Via Falconara | 13 sett. - 11:35 | 0.35 | 0.60 | -42% |
| C1 | Via Contrada Comandini | 16 sett. - 10:20 | 0.18 | 1.23 | -85% |
| C2 | Via Leonida Montanari | 16 sett. - 10:42 | 0.44 | 1.81 | -76% |
| C3 | Via La Fiorita | 16 sett. - 10:55 | 0.32 | 2.50 | -87% |
| C4 | Via Anita Garibaldi | 16 sett. - 11:10 | 0.36 | 1.78 | -80% |
| C5 | Via Zelide Fattibeni | 16 sett. - 11:25 | 0.26 | 2.77 | -91% |
| C6 | Via Giuseppe Garibaldi | 16 sett. - 11:44 | 0.21 | 1.09 | -81% |

(*) differenza percentuale $\Delta E \% = (E_{\text{misurato}} - E_{\text{simulato}}) / E_{\text{simulato}}$

Tabella 11 – Misure del campo elettrico di breve periodo (6 minuti) effettuate nelle maglie del dominio di studio; confronto con il dato simulato alla quota di 1,5 m nello stesso punto e differenza percentuale.

I valori di campo elettrico rilevati nelle postazioni descritte non hanno mai superato il limite di esposizione (20 V/m) e il valore di attenzione/obiettivo di qualità (6 V/m) stabiliti dalla normativa vigente per le aree accessibili alla popolazione e quelle in cui è prevista la permanenza di persone superiore alle 4 ore giornaliere.

La quasi totalità delle misure mostra valori di campo elettrico inferiori alla sensibilità strumentale ($E < 0.5$ V/m). Il valore massimo registrato come media nei 6 minuti è 0.98 V/m misurato nella maglia 32 – Via San Giuliano ; nello stesso punto si trova anche il valore massimo del campo elettrico simulato (4.12 V/m).

La differenza percentuale fra campo elettrico misurato e quello stimato è in media -76%: la misura è mediamente un quarto della stima. In un solo caso (35 C) il campo elettrico misurato e quello stimato sono simili, ma il valore misurato è molto basso (0.5 V/m), vicino al limite di sensibilità strumentale, e caratterizzato da una variabilità che rende l'esigua differenza fra misurato e stimato poco significativa.

Anche in questo caso, tutti i valori misurati sono risultati sempre abbondantemente inferiori a quelli simulati con il software Emlab nello stesso punto, a conferma del fatto che le valutazioni preventive sono estremamente cautelative e forniscono valori di campo elettrico stimato sempre superiori a quelli realmente presenti.



Punto 1



Punto 2



Punto 3



Punto 4



Punto 5



Punto 6



Punto 7



Punto 8



Punto 9



Punto 9A



Punto 10



Punto 11



Punto 12



Punto 13



Punto 14



Punto 15



Punto 16



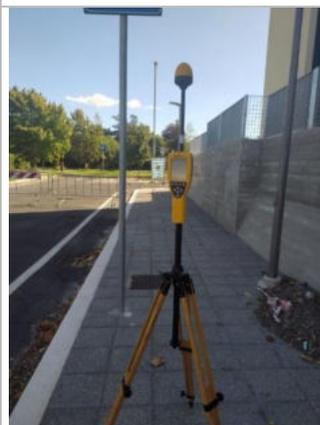
Punto 17



Punto 17A



Punto 18



Punto 19



Punto 20



Punto 20A



Punto 21



Punto 22



Punto 23



Punto 24



Punto 25



Punto 25A



Punto 26



Punto 26A



Punto 27



Punto 28



Punto 29



Punto 30



Punto 31



Punto 32



Punto 33



Punto 34



Punto 35



Punto 35A



Punto 35B



Punto 35C



Punto 35D



Punto 36



Punto 37



Punto 38



Punto 38A



Punto 38B



Punto 39



Punto 40



Punto 41



Punto C1



Punto C2



Punto C3



Punto C4



Punto C5



Punto C6

Tabella 12 – Fotografie delle postazioni di misura del campo elettrico di breve periodo (6 minuti) effettuate nelle maglie del dominio di studio.

Per valutare se c'erano differenze del valore del campo elettromagnetico generato dagli impianti di telefonia mobile nel 2022 e nel 2021, sono state eseguite 14 misure, della durata di 6 minuti, in alcuni punti del centro storico (Figura 17) già monitorati nel 2021.

La Tabella 13 confronta i dati di campo elettrico rilevati in ciascun punto nel 2021 e nel 2022 e la differenza dei due valori; in Figura 18 le stesse informazioni sono restituite in forma grafica.

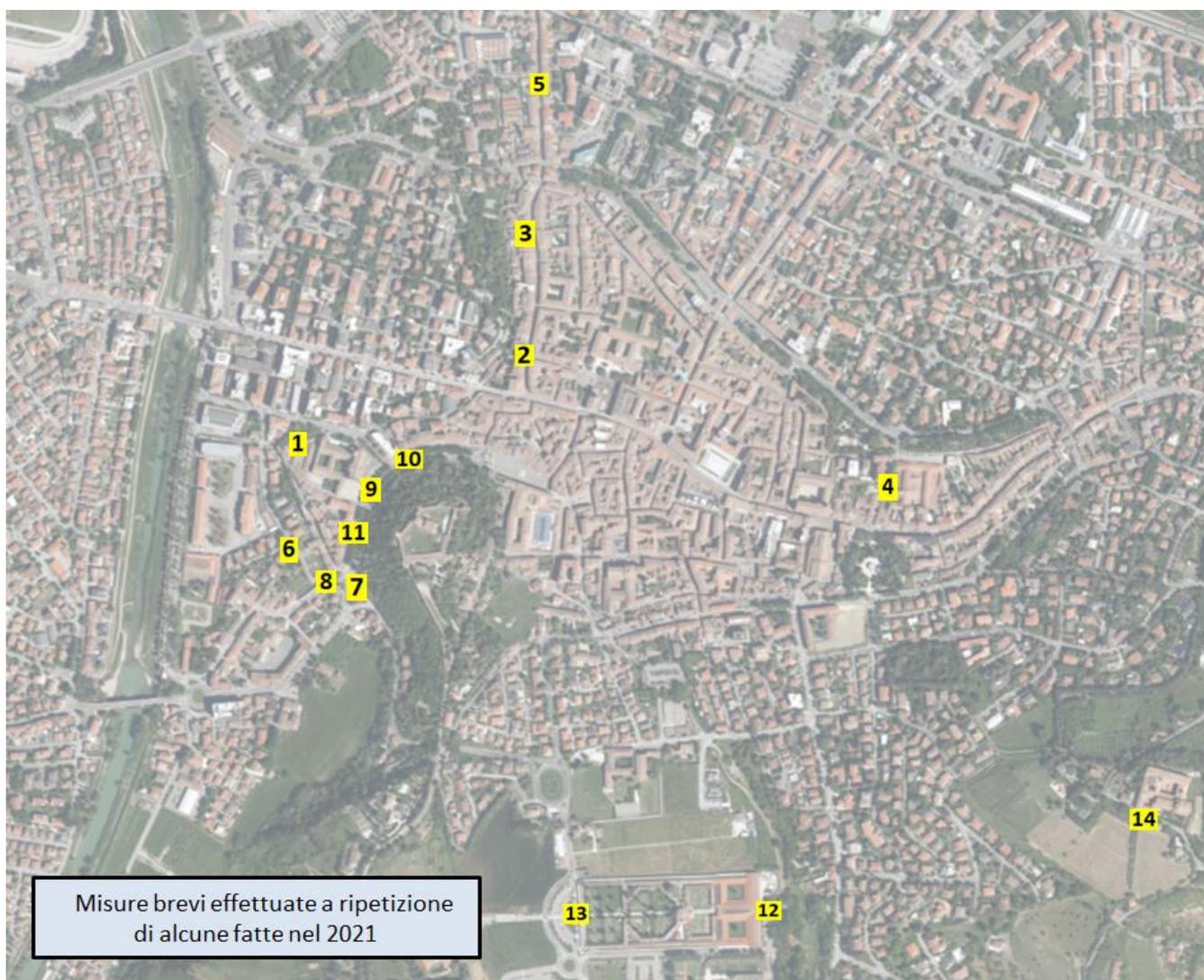


Figura 17: Collocazione dei punti di misura di E già oggetto di misura nel 2021 – zona Centro

| Postazione | | Data e ora misura | E misurato 2021 (media 6 min.) [V/m] | E misurato 2022 (media 6 min.) [V/m] | ΔE (*) |
|------------|--------------------------------------|-------------------|--|--|--------|
| 1 | Via San Martino | 20/09/22 10.20 | 0.23 | 0.31 | 0.08 |
| 2 | Contrada Chiaramonti | 20/09/22 11.35 | 0.09 | 0.15 | 0.06 |
| 3 | Contrada Chiaramonti | 20/09/22 11.50 | 0.23 | 0.26 | 0.03 |
| 4 | Via Serraglio | 20/09/22 12.20 | 0.12 | 0.42 | 0.3 |
| 5 | Via Comandini | 20/09/22 12.50 | 0.05 | 0.14 | 0.09 |
| 6 | Via Anita Garibaldi | 21/09/22 10.00 | 0.15 | 0.19 | 0.04 |
| 7 | Via Mazzoni ang. Via Tunnel | 21/09/22 10.15 | 0.37 | 0.44 | 0.07 |
| 8 | Via Mazzoni ang. Via Porta Fiume | 21/09/22 10.30 | 0.52 | 0.51 | -0.01 |
| 9 | Via Mazzoni ang. San Domenico | 21/09/22 10.45 | 0.18 | 0.31 | 0.13 |
| 10 | Via Mazzoni ingresso Parco | 21/09/22 11.00 | 0.13 | 0.15 | 0.02 |
| 11 | Via Jacopo Mazzoni | 21/09/22 11.30 | 0.16 | 0.27 | 0.11 |
| 12 | Via Bertozzi, retro del cimitero | 21/09/22 11.30 | 0.16 | 0.53 | 0.37 |
| 13 | Via Pacchioni, di fronte al cimitero | 21/09/22 11.45 | 0.38 | 0.56 | 0.18 |
| 14 | Via Del Monte Fronte Basilica | 21/09/22 12.20 | 0.23 | 0.20 | -0.03 |

(*) differenza $\Delta E = E_{2022} - E_{2021}$

Tabella 13 – Confronto fra i valori di campo elettrico (6 minuti) rilevati a 1.5 m dal suolo nell’area del centro storico nel 2021 e nel 2022 e differenza fra i dati misurati

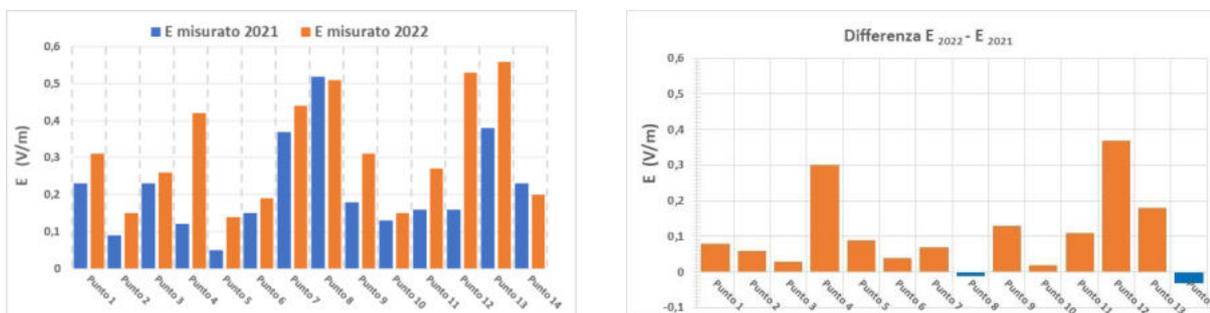


Figura 18– Confronto fra i valori di campo elettrico misurati nel 2021 e nel 2022 in alcuni punti e differenza fra i dati ottenuti

Nella Tabella 14 si riportano le fotografie della strumentazione collocata nelle diverse postazioni del centro storico oggetto di misura nel 2021 e nel 2022.



Punto 1



Punto 2



Punto 3



Punto 4



Punto 5



Punto 6



Punto 7



Punto 8



Punto 9



Punto 10



Punto 11



Punto 12



Punto 13



Punto 14

Tabella 14 – Fotografie dei punti di misura 2021 ripetuti nel 2022.

Nel 2022 il campo elettrico misurato risulta in tutte le postazioni leggermente superiore a quello del 2021. Fanno eccezione il punto 8 - Via Mazzoni ang. Via Porta Fiume e il punto 14 - Via Del Monte di fronte alla Basilica – dove nel 2022 è stato misurato un valore leggermente inferiore (rispettivamente: -0.01 V/m e -0,03 V/m). Occorre però sottolineare che stiamo parlando di valori estremamente bassi, sempre inferiori a 0.6 V/m, e prossimi al limite di rilevabilità strumentale per cui è approssimativo fare valutazioni o trarre conclusioni sulla significatività di tali variazioni.

3 - Misure del campo di induzione magnetica (B) prodotto dalla radiazione elettromagnetica ad bassa frequenza (50 Hz – ELF): metodologia e risultati.

3.1 – Metodologia e strumentazione

Le misure dei campi elettromagnetici a scopo protezionistico possono essere di due tipi:

- misure dosimetriche, per valutare l'energia assorbita dall'organismo umano esposto. Nel caso particolare delle radiazioni ELF la grandezza dosimetrica di riferimento è *la densità di corrente J*. Sono misure di densità di potenza indotta su fantocci simulanti il corpo umano esposti a campi elettrici e magnetici di caratteristiche note
- misure di esposizione, per valutare le grandezze che caratterizzano il campo elettrico e magnetico (ELF) a cui l'organismo è esposto. Sono le misure eseguite nell'attività di controllo/verifica perché consentono di verificare la compatibilità di una data situazione espositiva con i limiti definiti dalle norme e/o raccomandazioni per la tutela sanitaria.

Mentre i campi elettrici sono associati alla presenza delle cariche elettriche, i campi magnetici sono il risultato delle correnti elettriche (movimenti di cariche). I campi elettrici e magnetici sono campi vettoriali, caratterizzati da un'intensità ed una direzione.

Un campo magnetico può essere quantificato sia in termini di *induzione magnetica (B)*, espressa in Tesla (T, o meglio $\mu\text{T} = 10^{-6} \text{T}$), sia di *intensità di campo magnetico H*, espressa in Ampere al metro (A/m). Le due grandezze sono legate dalla relazione:

$$B = \mu H$$

dove μ è una costante di proporzionalità (detta permeabilità magnetica¹). Per descrivere un campo magnetico a fini protezionistici, è sufficiente specificare solo una delle due grandezze *induzione magnetica (B)*, o di *intensità di campo magnetico H*.

Come si è già detto, a seconda della distanza fra punto di misurazione (ricettore) e sorgente che origina il campo elettromagnetico, si individuano due regioni la cui distinzione è importante ai fini delle misure:

- campo vicino (distanza ricettore-sorgente dell'ordine di qualche lunghezza d'onda): le misure di campo devono essere condotte in maniera indipendente per il campo elettrico e il campo magnetico;
- campo lontano (distanza ricettore-sorgente dell'ordine di qualche decina di lunghezza d'onda): è possibile misurare uno solo dei campi (elettrico o magnetico) e ricavare di conseguenza l'altro, essendo il campo elettrico E e magnetico H legati tra loro.

Nel caso dei campi generati da un elettrodotto, poiché alla frequenza di rete (50 Hz) corrisponde una lunghezza d'onda di 6.000 km^2 , le misure ambientali effettuate presso linee e cabine risultano sempre in condizioni di campo vicino: campo elettrico e magnetico agiscono in modo indipendente l'uno dall'altro e devono essere misurati separatamente.

1 Permeabilità magnetica. Nel vuoto, in aria ed in tutti i materiali non magnetici (compresi quelli biologici), μ ha il valore di 4

2 La lunghezza d'onda (λ) e la frequenza (f) sono legate dalla relazione: $\lambda = c/f$ dove c rappresenta la velocità di propagazione delle onde elettromagnetiche che, nel vuoto, è pari a $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

La lunghezza d'onda e la frequenza sono inversamente proporzionali: tanto minore è la lunghezza d'onda, tanto maggiore è la frequenza.

Generalmente, per le ELF, viene misurato il campo di induzione magnetica B.

La norma di riferimento (Norma CEI 211-10) prevede che il numero e la posizione dei punti di rilievo debbano consentire la corretta caratterizzazione della distribuzione dell'intensità del campo di induzione magnetica e tenere conto della tipologia e della distanza dalla sorgente.

Nel caso di campo magnetico uniforme nello spazio - tipicamente quello generato da linee elettriche aeree - sono sufficienti rilievi ad un'altezza compresa tra 100 e 150 cm dal piano di calpestio; nel caso di campo non omogeneo - ad esempio generato da cabine di trasformazione - deve essere eseguita una caratterizzazione spaziale con rilievi anche a quote diverse. Particolare attenzione deve essere posta alla destinazione d'uso degli ambienti e/o delle aree destinate a permanenza prolungata (4 h/al giorno) perché, in questo caso, dove deve essere rispettato il valore di attenzione di $10\mu\text{T}$.

Per individuare i punti più significativi dove eseguire la verifica del valore di attenzione, vengono effettuate misurazioni esplorative di breve durata, o "misure brevi", per caratterizzare l'andamento spaziale del campo. Nel punto individuato come più significativo è installata la strumentazione per il rilievo della durata di almeno 24 ore.

Infatti, mentre le misure brevi consentono di caratterizzare la distribuzione spaziale del campo di induzione magnetica, per la valutazione del rispetto del valore di attenzione (o dell'obiettivo di qualità, per nuovi elettrodotti) è necessario verificare che il valore di induzione magnetica sia inferiore a $10\mu\text{T}$ ($3\mu\text{T}$ per nuovi elettrodotti) espresso come mediana dei valori registrati durante misure dirette prolungate per almeno 24 ore, nelle normali condizioni di esercizio degli impianti.

Per le misure effettuate nel presente studio è stata utilizzata la seguente strumentazione:

- Per le misure brevi:
 - Analizzatore di campi Wandel & Goltermann Tipo EFA-2 BN2245 numero di serie E-0058, dotato di sonda esterna isotropa per campo di induzione magnetica.
- Per le misure in continuo:
 - Analizzatore di campi Wandel & Goltermann Tipo EFA-2 BN2245 numero di serie E-0058, dotato di sonda esterna isotropa per campo di induzione magnetica.

Le misure di induzione magnetica alla frequenza di 50 Hz sono state effettuate secondo quanto previsto dalla Norma CEI 211-6 "Guida per la misura e la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz-10 kHz, con riferimento all'esposizione umana".

3.2 – Individuazione dei siti di misura e risultati delle misure dell'induzione magnetica (H) per sorgenti ELF

Nella convenzione è previsto, per ogni annualità compresa nel triennio 2021- 2023, il monitoraggio del campo di induzione magnetica a bassa frequenza (ELF) con misure di breve periodo e in continuo:

- nell'intorno di una cabina primaria AT/MT;
- in punti, individuati in base alla conformazione della rete di distribuzione, in cui si stimano valori di campo più significativi.

In analogia a quanto realizzato per le misure ad alta frequenza (RF), nella individuazione dei punti di misura è stato considerato il contesto urbano, scegliendo siti in cui la vicinanza fra elettrodotto e fabbricati è maggiore, e privilegiando gli edifici residenziali, lavorativi e i siti sensibili.

Nel corso del 2022 è stata monitorata:

- l'abitazione limitrofa alla cabina primaria AT/MT di Via Assano, situata all'intersezione fra Via Assano e Via Vicinale Madonna (misure di lungo periodo);
- l'area al perimetro esterno della stessa cabina di trasformazione in via Assano.

Per le misure di breve periodo, lo strumento è stato posizionato su un cavalletto estensibile di materiale dielettrico, ad altezze comprese tra 100 e 150 cm dal piano di calpestio. Nell'area cortilizia dell'abitazione, in corrispondenza del punto in cui le misure di breve periodo avevano mostrato i valori di induzione magnetica maggiore, è stata posizionata una centralina di monitoraggio per un periodo di 16 giorni (monitoraggio in continuo, misure di lungo periodo).

Come previsto dalle norme di buona tecnica, per evitare interferenze e minimizzare gli effetti dovuti alla disomogeneità del campo magnetico, il sensore è stato posto ad una distanza superiore a 10 cm da superfici interferenti.

Per la mappatura dei livelli di induzione magnetica della cabina primaria AT/MT in via Assano, sono state effettuate 6 misure brevi lungo il perimetro della centrale di trasformazione; per queste misure – relative ad un'area di passaggio, dove non è prevista la permanenza superiore alle 4 ore giornaliere - il limite di esposizione previsto dalla normativa è 100 μT .

I punti di misura, le linee elettriche e le cabine di trasformazione sono stati georeferenziati e riportati in cartografia; per la georeferenziazione degli impianti si è fatto riferimento al Catasto Deposito previsto dalla legge quadro 36/01 e dalle legge regionale 30/00 e s.m.i..

3.3 – Risultati delle misure in continuo e di breve periodo effettuate nei pressi della cabina AT/MT – Via Assano - Cesena.

Le misure in continuo sono state eseguite nel cortile dell'abitazione all'incrocio tra via Assano e via Vicinale Madonna, vicino alla cabina di trasformazione primaria AT/MT di via Assano (Figura 19). La centralina è stata posizionata in corrispondenza dell'area cortilizia esterna, nel lato adiacente la strada e l'area della Centrale di Trasformazione. Il valore di riferimento applicabile a questa postazione (valore di attenzione) è 10 μT , espresso come mediana delle 24 ore (DPCM 08/07/03 e s.m.i.): infatti i cortili, i giardini e i terrazzi sono considerati pertinenze esterne di ambienti abitativi dove la permanenza di persone può essere superiore alle 4 ore giornaliere.

Le misure in continuo sono state effettuate dal 22 settembre al 13 ottobre 2022 (21 giorni).

I valori di induzione magnetica, registrati ogni 6 minuti, sono riportati nel grafico di Figura 20, insieme alla mediana delle 24 ore (pallino blu), il livello di attenzione di 10 μT (riga rossa continua) con cui confrontare la mediana e il limite di sensibilità strumentale (riga verde → 0.5 μT).

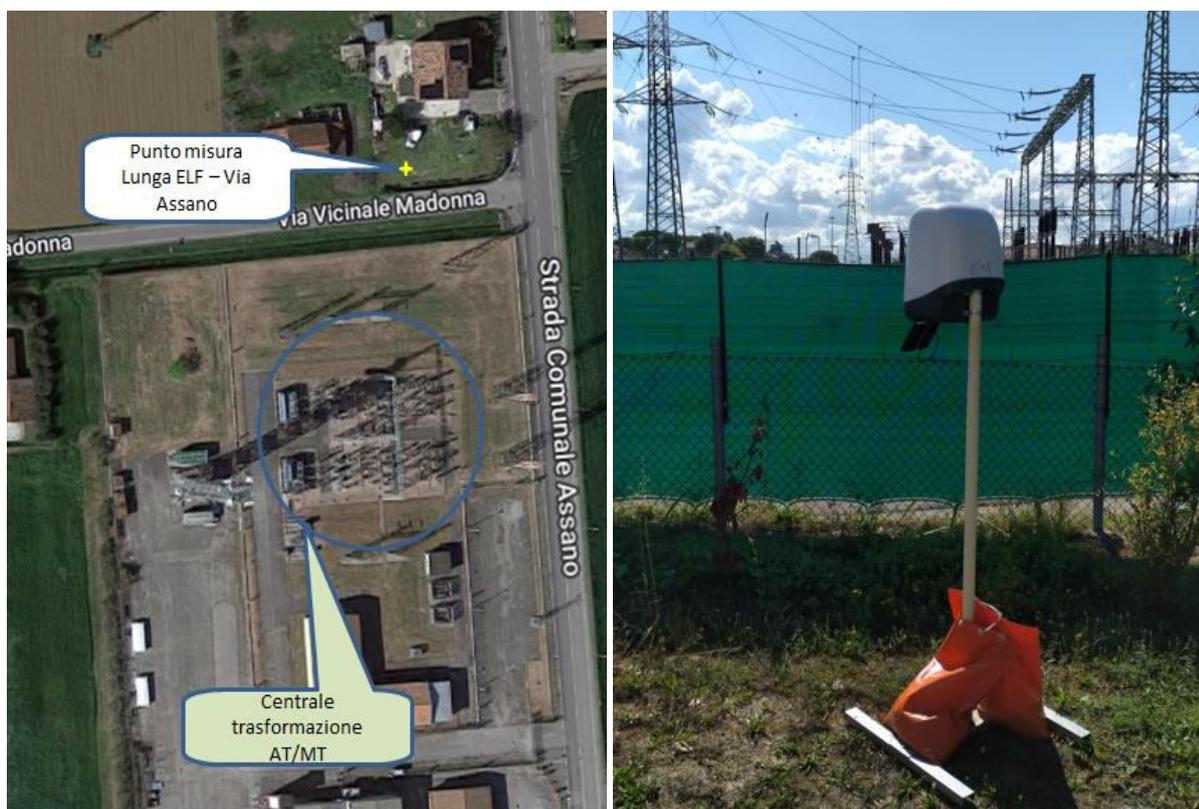


Figura 19 – Collocazione della centralina di monitoraggio della centrale AT/MT all'interno dell'area cortilizia dell'abitazione situata in Via Assano, angolo Via Vicinale Madonna – Cesena

**Grafico della campagna di monitoraggio del campo magnetico
 Cabina Trasformazione Via Assano**

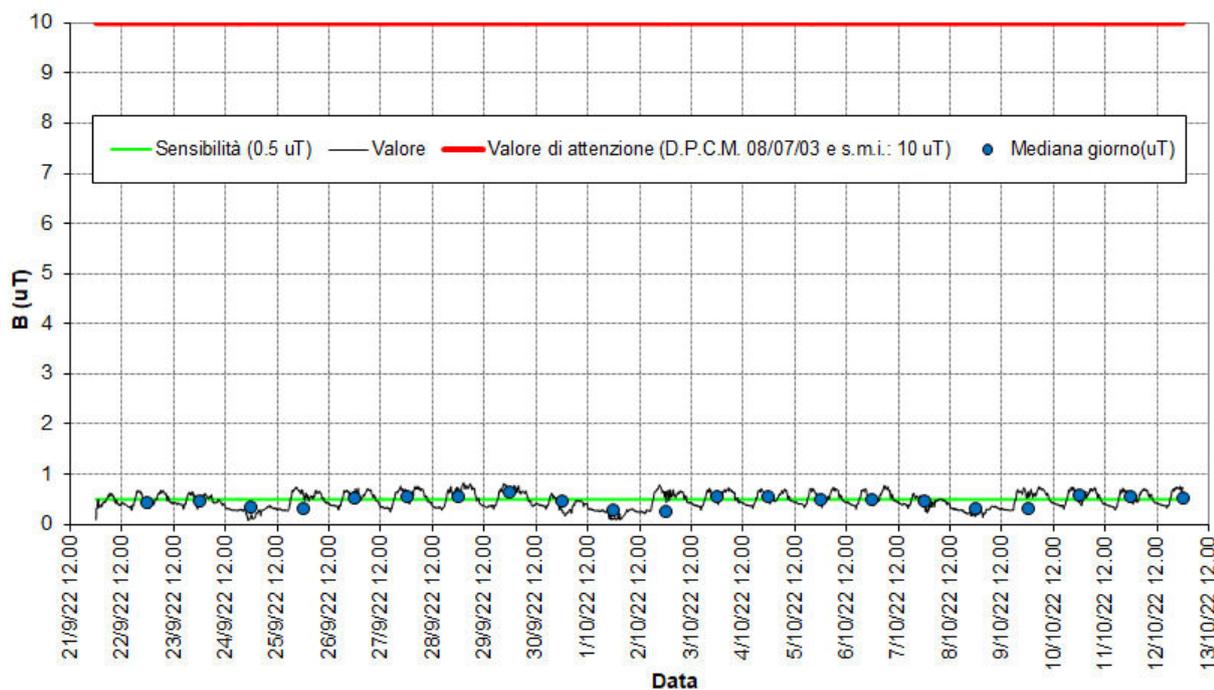


Figura 20 – Andamento del campo di induzione magnetica nella postazione all'esterno della cabina AT-MT, in corrispondenza dell'area cortilizia dal 22 Settembre al 13 Ottobre 2022.

Gli stessi valori di induzione magnetica di 6 minuti e la mediana delle 24 ore sono riportati anche nel grafico di Figura 21 dove, per il valore di induzione magnetica, si è utilizzato un fondo scala di 1 μT , così da mettere in evidenza la variabilità temporale di B: i valori più bassi si rilevano in corrispondenza del fine settimana quanto la richiesta di corrente dal comparto industriale/artigianale è minore/trascurabile.

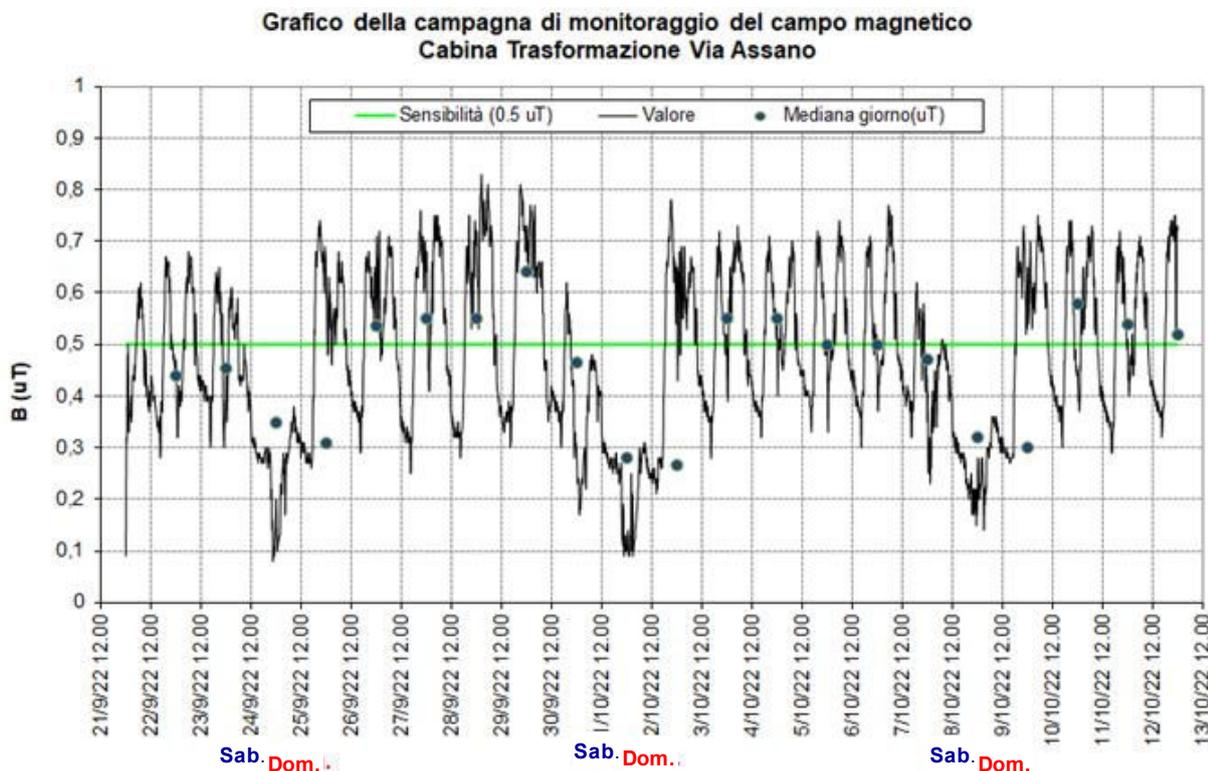


Figura 21 – Andamento del campo di induzione magnetica in corrispondenza dell’area cortilizia dell’abitazione di Via Assano e variabilità temporale

La Tabella 15 contiene alcune elaborazioni dei dati relativi all’intero periodo di misura e la Tabella 16 , per ogni giorno, la mediana sulle 24 ore del campo di induzione magnetica.

| Statistiche della misura in continuo dell’induzione magnetica B [μT] in Via Assano | | | | | | |
|---|---------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|--|
| Minimo [μT] | Massimo [μT] | 95 perc. [μT] | 5 perc. [μT] | Mediana periodo [μT] | Max Mediana di 24 h [μT] | Valore di attenzione [μT] |
| 0.08 | 0.83 | 0.71 | 0.24 | 0.50 | 0.64 | 10 |

Tabella 15 – Parametri statistici relativi alle misure in continuo nella postazione all’esterno della cabina AT-MT, area cortilizia di Via Assano – Periodo di misura: 22/9 – 13/10/2022.

I valori di induzione magnetica registrati ogni 6 minuti dalla centralina di monitoraggio sono compresi fra 0,08 μT e 0,83 μT ; il 95° percentile – ovvero il valore al di sotto del quale si colloca il 95 % delle misure - è 0,71 μT mentre la mediana (50° percentile) dell’intero periodo è 0,50 μT .

| | Data | B Mediana 24 h [uT] |
|------------|---------------|------------------------|---------------|------------------------|---------------|------------------------|---------------|------------------------|
| <i>Lun</i> | | | 26-set | 0.54 | 03-ott | 0.55 | 10-ott | 0.58 |
| <i>Mar</i> | | | 27-set | 0.55 | 04-ott | 0.55 | 11-ott | 0.54 |
| <i>Mer</i> | | | 28-set | 0.55 | 05-ott | 0.50 | 12-ott | 0.52 |
| <i>Gio</i> | 22-set | 0.44 | 29-set | 0.64 | 06-ott | 0.50 | | |
| <i>Ven</i> | 23-set | 0.46 | 30-set | 0.47 | 07-ott | 0.47 | | |
| <i>Sab</i> | 24-set | 0.35 | 01-ott | 0.28 | 08-ott | 0.32 | | |
| <i>Dom</i> | 25-set | 0.31 | 02-ott | 0.27 | 09-ott | 0.30 | | |

Tabella 16 – Induzione magnetica mediana sulle 24 ore

Le mediane di 24 ore rispettano abbondantemente il valore di attenzione di 10 μT (D.P.C.M. 8 luglio 2003): tutti i dati sono almeno un quindicesimo del valore di attenzione.

I valori minimi si riscontrano nel finesettimana (mediane comprese fra 0,27 μT ,i domenica 2 ottobre, e 0,35 μT - sabato 24 settembre) ma anche nelle altre giornate tale parametro non supera mai i 0,65 μT (0,64 μT il 9 settembre).

Misure brevi di 6 minuti sono state effettuate – oltre che in corrispondenza dell’area cortilizia (P6) già oggetto di valutazione - anche al perimetro esterno della centrale di trasformazione, in 5 postazioni (Figura 22 e fotografie in Tabella 17) registrando i valori riportati in Tabella 18

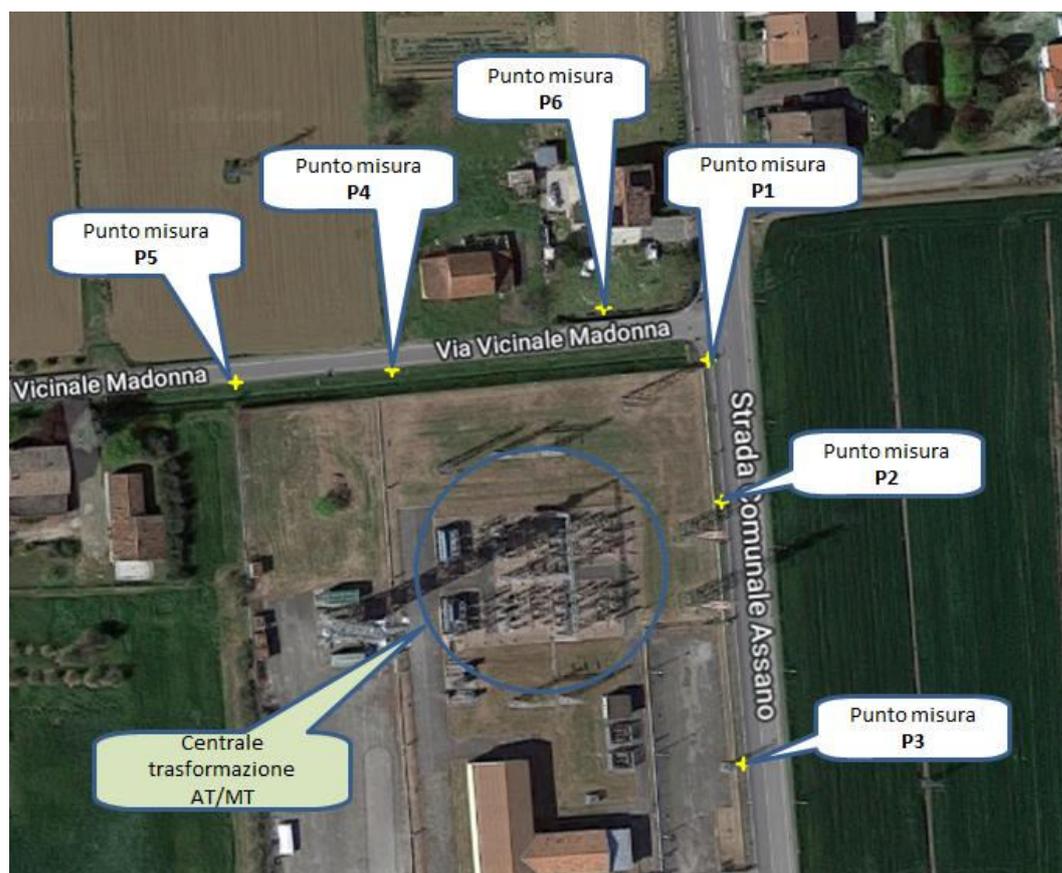


Figura 22 – Punti misura brevi Induzione Magnetica Via Assano



Punto misura breve P1



Punto misura breve P2



Punto misura breve P3



Punto misura breve P4



Punto misura breve P5

Tabella 17 – Fotografie delle cinque postazioni con misure brevi ELF - Via Assano

| Punto | Induzione Magnetica B Valore su 6 min [μ T] |
|-------|---|
| P1 | 0.12 |
| P2 | 0.33 |
| P3 | 0.52 |
| P4 | 0.10 |
| P5 | 0.37 |

Tabella 18 – Valori Induzione Magnetica in punti limitrofi Centrale Via Assano

I punti P1 ÷ P5, essendo postazioni in strada, in zona di passaggio in cui non è prevedibile una permanenza superiore alle 4 ore giornaliere, le misure sono da confrontarsi con il limite di esposizione per l'induzione magnetica di 100 μ T "che non deve essere superato": i valori sono molto contenuti, con un massimo registrato in tutta l'area pari a 0.52 μ T.

4 - Conclusioni.

Nel 2022 i monitoraggi previsti dalla convenzione hanno riguardato aree residenziali e siti “sensibili” (scuole e ospedale) ovvero luoghi frequentati da un gruppo di popolazione (giovani e persone in condizioni di salute precaria) più vulnerabile agli agenti inquinanti, anche all’inquinamento prodotto dai campi elettromagnetici.

Le centraline per il monitoraggio in continuo sono state posizionate:

- in quattro scuole (asilo, elementare, media e superiore) e all’ospedale per il monitoraggio del campo elettrico generato dagli impianti di telefonia cellulare;
- in un ambiente abitativo per il monitoraggio dell’induzione magnetica generato dagli impianti di distribuzione dell’energia elettrica.

Oltre all’attività di monitoraggio in continuo, sono state eseguite anche misure del campo elettrico generato dalle SRB di breve periodo (6 minuti), ottenendo una mappatura dei valori di campo nel centro storico e nelle zone periferiche di Cesena, mappatura che integra (spazialmente) quella eseguita nel 2021.

Alcuni punti di griglia sono stati oggetto di misura sia nel 2021 sia nel 2022 ma i valori estremamente bassi misurati non consentono di fare valutazioni in merito ad una effettiva variazione del campo elettrico avvenuta nell’anno trascorso, sebbene diverse siano le riconfigurazioni subite dagli impianti che insistono nell’area urbana.

Per le basse frequenze il dato di lungo periodo rilevato presso una abitazione di via Assano è stato integrato con una serie di misure effettuate nell’intorno della centrale di trasformazione AT/MT lì realizzata.

L’analisi di tutti i rilievi effettuati ha evidenziato non solo che **in nessun caso i valori di campo superano il limite di esposizione, il valore di attenzione e l’obiettivo di qualità, previsti dalla normativa - ma che sono estremamente bassi, spesso inferiori al limite di sensibilità strumentale.**

In particolare le misure RF sono risultate nella quasi totalità dei casi paragonabili alla sensibilità strumentale ($E < 0.5 \text{ V/m}$), anche nel centro storico dove si suppone maggiore la domanda di segnale. Sempre in centro storico, il confronto fra i valori misurati nel corso del 2022 e quelli dell’anno precedente ha evidenziato, in pratica, una condizione di stazionarietà per l’esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici a livello del suolo.

Il confronto fra il dato del campo elettrico ad alta frequenza stimato con il modello di simulazione EmLab e quello misurato mostra, in tutte le postazioni, una differenza percentuale media del 76%: la misura è mediamente un quarto della stima, a conferma che il metodo utilizzato, anche nell’espressione dei pareri, è conservativo e fornisce valutazioni preventive cautelative.