



Convegno Nazionale Airp
Lucca, 25 - 27 settembre 2024

Studio di un sito SRB complesso con 5G: dalle misure all'estrapolazione alla configurazione autorizzata nell'ottica delle verifiche per il rispetto del 'nuovo' valore di attenzione

Barbara Notari¹, Massimo Tedeschini¹, Matteo Tiberti¹, Martino Cremona¹, Irene Taddei¹, Emanuele De Sena¹, Tiziana Melfi¹, Maurizio Poli¹

¹Arpae, Apa Centro e Apa Ovest, Servizi Sistemi Ambientali

bnotari@arpae.it

Riassunto

Il presente lavoro descrive come Arpae ha affrontato la verifica del valore di attenzione, recentemente innalzato da 6 a 15 V/m (L.n.214/2023), in un sito complesso, con presenza di segnali di nuova generazione, in particolare di un segnale 5G a 3700 MHz. L'indagine si è svolta attraverso misure a larga banda, a banda stretta con un analizzatore scalare ed in continuo nel 2022, ed è stata ripetuta nel 2024 con misure a banda larga e banda stretta con due analizzatori, scalare e vettoriale, al fine dell'estrapolazione (ai sensi dell'Appendice E della Norma CEI 211-7) del valore misurato alla massima potenza autorizzata per ciascun gestore. I risultati di tali elaborazioni hanno permesso anche di fare il confronto con i limiti emissivi assentibili introdotti dalla D.Lgs. n.48 del 24/03/2024, verificandone l'attuale rispetto. Le considerazioni finali mettono in evidenza le difficoltà nel valutare la massima esposizione dovuta al segnale 5G, in particolare per la necessità di forzatura del traffico 5G. Inoltre sono state testate due diverse tecniche di estrapolazione per tale segnale, trovando un sostanziale accordo con il valore stimato in fase preventiva.

DESCRIZIONE DEL PUNTO DI INDAGINE E DELLE SORGENTI DI CAMPO ELETTRICO

A seguito dell'attivazione da parte del Comune di Modena, al fine di rispondere ad un esposto da parte di un cittadino preoccupato per l'esposizione dei suoi familiari, che frequentano la Polisportiva 'Saliceta', Arpae ha svolto nel novembre 2022 delle indagini strumentali presso la struttura sportiva nelle cui vicinanze sono installati due pali di telefonia: uno ospita le SRB di Wind Tre e Tim e l'altro quelle di Vodafone e Iliad. Complessivamente nel sito in esame sono presenti i sistemi di tutte le generazioni di telefonia, dal 2G (GSM), 3G (UMTS) al 4G (LTE), fino ai sistemi più complessi 4G TDD (Time Division Duplex), 4G-5G DSS (Dynamic Spectrum Sharing): solo l'impianto di W3 ha attivato il servizio 5G NR a 3700 MHz.

In quella occasione oltre ad eseguire misure a banda larga del livello complessivo di campo elettrico, erano stati acquisiti con l'analizzatore portatile i contributi dei vari sistemi per ciascun gestore e il campo associato ai canali di controllo per le tecnologie attivate, al fine di estrapolare i livelli misurati alla massima potenza. Infatti l'ultima valutazione previsionale per il sito aveva evidenziato livelli di campo stimati fino a 5.6 V/m (prossimo all'allora valore di attenzione di 6 V/m) e si era ritenuto opportuno verificare l'esposizione massima rilevabile sul campo. Non era stato possibile però estrapolare il segnale 5G, in quanto in quel momento Arpae non era in possesso della strumentazione più evoluta (analizzatore di spettro vettoriale), né delle necessarie conoscenze del segnale 5G in esame. Era stato inoltre effettuato un monitoraggio in continuo della durata di circa un mese. Nel luglio 2024 si è deciso di ripetere l'indagine, essendo ora in grado di approfondire l'analisi del segnale 5G con l'analizzatore vettoriale, al fine di seguire l'evoluzione del campo elettrico generato nel sito e di verificare il rispetto del valore di attenzione innalzato a 15 V/m.

Il punto di misura è stato scelto sulla terrazza solarium al 2° piano di un edificio, ospitante la palestra della Polisportiva, ritenuto una pertinenza dell'edificio con permanenza prolungata o comunque intensamente frequentata: tale collocazione è stata scelta in quanto in posizione rialzata, centrale ed in visibilità ottica rispetto ai due pali ospitanti le Stazioni Radio Base di telefonia presenti nel sito e per questo ritenuta significativa e cautelativa ai fine della verifica della conformità alla normativa per il ricettore sportivo nel suo complesso, che comprende anche campi di calcio, tennis, padel. Rispetto al punto di misura individuato, il cositing dei gestori Tim e Wind Tre si trova a circa 128 m di distanza in direzione W-NW, mentre gli impianti

di Vodafone e Iliad sono installati su un palo a circa 179 m in direzione N-NE.

Nella Fig. 1 è riportata la foto aerea del sito, ove sono stati identificati il punto di misura (pallino rosa), nonché la posizione degli impianti emittenti che principalmente contribuiscono al campo elettromagnetico nel punto stesso; il gestore W3 è l'unico che ha attivato il sistema 5G a 3700 MHz, di cui celle vengono riportate le direzioni di puntamento.

Figura 1 - Foto aerea con indicazione del punto di misura e delle principali sorgenti di campo elettrico

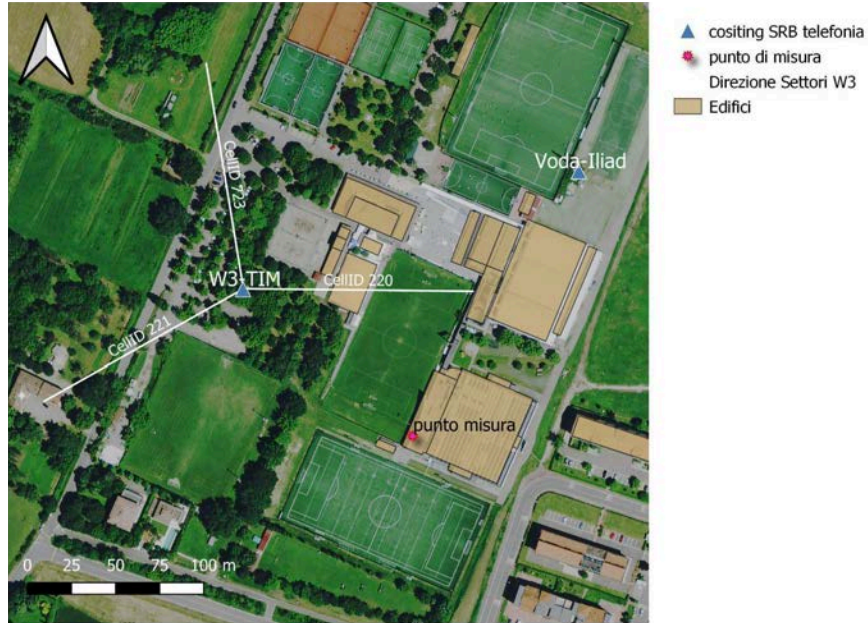
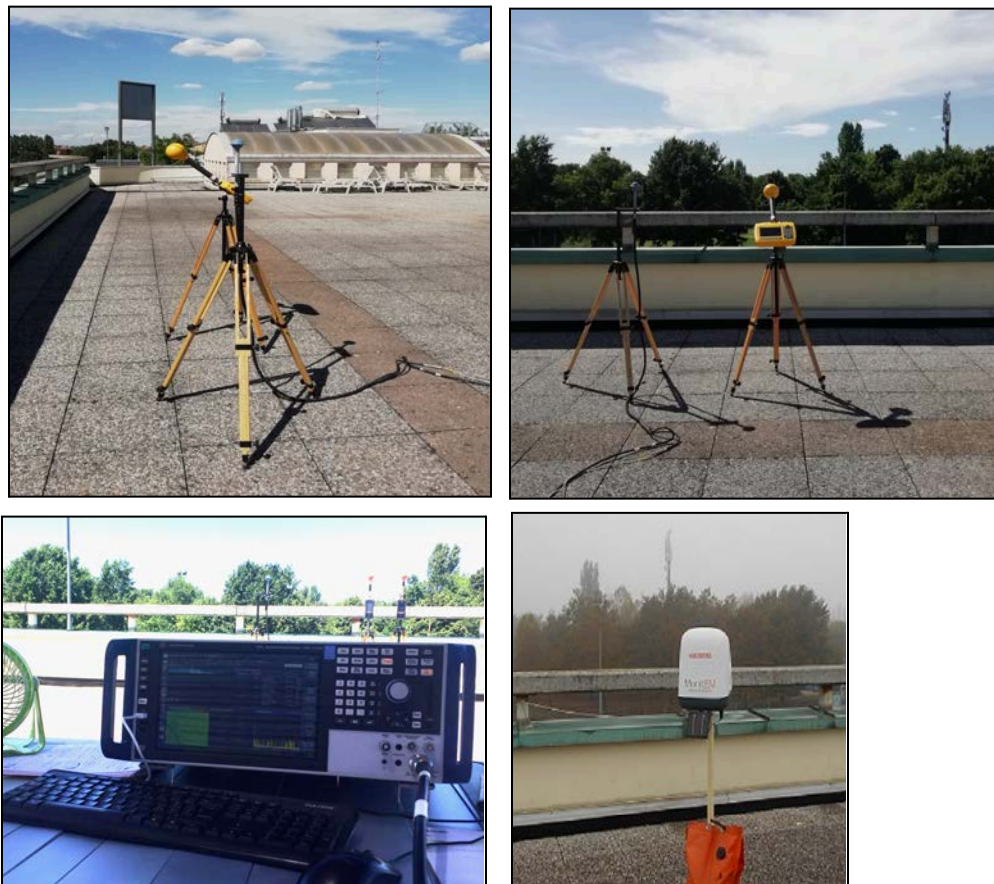


Figura 2 - Foto del cositing con Vodafone e Iliad (in alto a sx) e quello con Tim e Wind Tre (in alto a dx).
Analizzatore vettoriale (in basso a sx) e centralina di monitoraggio in continuo (in basso a dx).



METODOLOGIA DI MISURA E STRUMENTAZIONE

Le misure sono state effettuate in condizioni di campo lontano, in linea di vista e con strumentazione sottoposta a taratura, che risponde alle specifiche delle normative tecniche, in particolare alle norme CEI 211-7 e CEI 211-10, posizionando la sonda a 1.5 m dal piano di calpestio, con un cavalletto di materiale dielettrico.

Nella prima indagine nel 2022 sono state effettuate:

- una misura a banda larga, della durata di 6 minuti, con misuratore della ditta Wandel & Golterman modello EMR-300, corredato della sonda isotropica Tipo 8 (100 kHz ÷ 3 GHz), avente minima sensibilità strumentale pari a 0.5 V/m e un'incertezza <3 dB;
- un monitoraggio in continuo con centralina di monitoraggio in continuo rilocabile utilizzata è della ditta WaveControl, modello MonitEM, e sonda di campo elettrico WPF8 (100 kHz ÷ 8 GHz), avente minima sensibilità strumentale pari a 0.3 V/m e un'incertezza <4 dB;
- rilevazioni in banda stretta con l'analizzatore di spettro portatile della ditta Narda, modello SRM3006, dotato di 2 sonde triassiali: una misura i segnali con frequenza da 27 MHz a 3 GHz, l'altra sonda misura i segnali con frequenze comprese tra 420 MHz e 6 GHz, aventi rispettivamente minima sensibilità pari a 0.0002 V/m e 0.00014 V/m, incertezza <3 dB.

Durante l'approfondimento del 2024 sono state eseguite:

- una misura a banda larga, della durata di 6 minuti, con strumento SMP3 di Wavecontrol equipaggiato con sonda isotropica WPF 8 (1 MHz ÷ 8 GHz);
- rilevazioni in banda stretta, con l'analizzatore di spettro portatile Narda SRM 3006 già descritto e con l'analizzatore vettoriale della Rohde & Schwarz (R&S), modello FSVA 3007 (acquisito a maggio 2023), equipaggiato con cavo TS-EMFZ2 da 8 metri e sonda triassiale della R&S modello TS-EMF, che rileva segnali con frequenza da 700 MHz a 6 GHz.

LIMITI NORMATIVI

Il limite normativo di riferimento per il punto di misura è il valore di attenzione (da intendersi come media di valori nell'arco delle 24 ore), da rispettare negli edifici a permanenza prolungata e loro pertinenze, ai sensi del DPCM 8 luglio 2003, attuativo della Legge Quadro n. 36 del 22 febbraio 2001, modificato dalla L.n. 221/2012, dalla L.n. 164/2014 e, recentemente, dalla L.n.214 del 30 dicembre 2023. Quest'ultima ha innalzato il valore di attenzione e l'obiettivo di qualità da 6 a 15 V/m. Inoltre il D.Lgs. n.48 del 24/03/2024 ha introdotto il concetto di 'limite emissivo assentibile', ossia i valori di campo elettromagnetico, pesati rispetto all'ampiezza di banda di frequenza acquisita, che ciascun operatore infrastrutturato non deve superare nei luoghi a permanenza prolungata: i valori attribuiti ai limiti assentibili per gli operatori telefonici attualmente presenti sono stati esplicitati nelle FAQ del MIMIT.

VALUTAZIONE PREVENTIVA E LIVELLI DI CAMPO ELETTRICO STIMATI

Il sito oggetto di indagine è stato oggetto di svariate valutazioni tecniche preventive, di cui l'ultima risale ad aprile 2022 e riguarda la modifica della configurazione radioelettrica di Iliad. Tale modello tiene conto delle caratteristiche geometriche e radioelettriche degli impianti, delle potenze massime per ciascun gestore, dei fattori di attenuazione tra cui il fattore α_{24} , ove asseverati in fase di autorizzazione, nonché del diagramma di irradiazione di ogni sistema, che per quanto riguarda il sistema 5G consiste nel diagramma di inviluppo dei possibili fasci di traffico, fornito dal gestore.

Nel punto di misura il livello di campo elettrico stimato dovuto a tutti i sistemi di tutti i gestori alla massima potenza autorizzata risulta pari a 5.6 V/m, di cui il contributo del sistema 5G a 3700 MHz di W3 risulta pari a 2.0 V/m (1.9 V/m è il contributo del solo settore 1 con direzione di massimo irraggiamento pari a 90°N, corrispondente alla cella con Cell ID 220). Il contributo del 5G tiene già conto del fattore α_{24} (0.31) dichiarato per la valutazione dell'esposizione prolungata.

CARATTERISTICHE DEL SEGNALE 5G A 3700 MHz

Il segnale 5G di W3 ha le caratteristiche riportate in Tab.1.

Tabella 1 - Caratteristiche del segnale 5G in esame

DATI RELATIVI 5G 3600 MHz TDD	SETTORE 1	SETTORE 2	SETTORE 3
	Portante	Portante	Portante
Azimut [°N]	90	240	350
Frequenza centro banda [MHz]	3590,01	3590,01	3590,01
Larghezza di banda [MHz]	60	60	60
Potenza in trasmissione [W]	50	60	80
Cell ID	220	221	723
SISO/MIMO configuration	MIMO 4x4	MIMO 4x4	MIMO 4x4
Numerologia μ	1	1	1
SubCarrier Spacing [kHz]	30	30	30
Frequenza del PDSCH (SSB) [MHz]	3570,24	3570,24	3570,24
Number of SSB	6	6	6
Configurazione TDD: Case	C	C	C
F_{TDC}	0,743	0,743	0,743
Boosting factor	1	1	1

La configurazione TDD implementata corrisponde al Case C definito dallo standard 3GPP, che è caratterizzato dalla possibile implementazione di 8 fasci di controllo SSB, di cui solo 6 risultano attivi nel caso in esame. Nello specifico sono stati rilevati gli SSB identificati con gli indici 0, 1, 2, 3, 5 e 6, con frequenza centrale pari a 3570.24 MHz e ampiezza in banda pari a 7.2 MHz. In Fig.3 viene riportata la misura della potenza per simbolo per portante di una trama (di durata 10 ms) effettuata con l'analizzatore vettoriale in assenza di traffico: si rileva la presenza degli segnali di controllo sempre on air (tra cui gli SSB), identificati anche tramite un confronto con l'operatore W3. In Fig.4 è riportata la stessa misura effettuata però durante la forzatura del traffico 5G: si rileva che la potenza ricevuta per RE aumenta per tutti gli slot di downlink.

Figura 3 - Power vs symbol per carrier a trama vuota (no traffico)

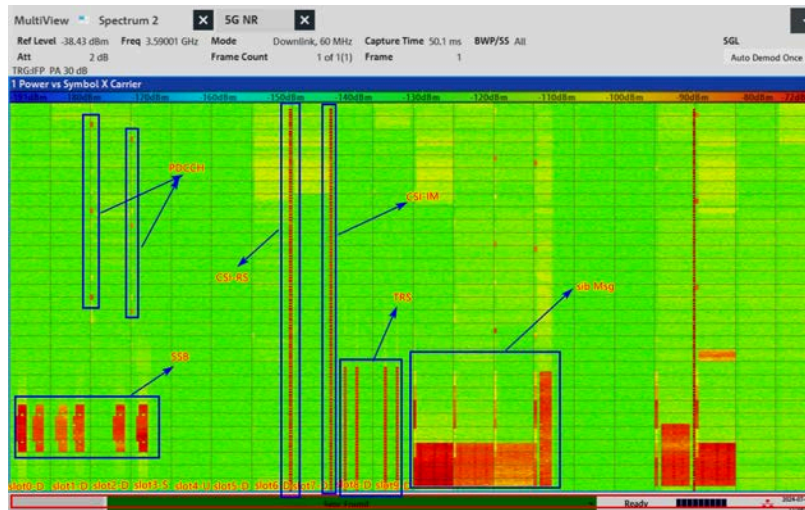
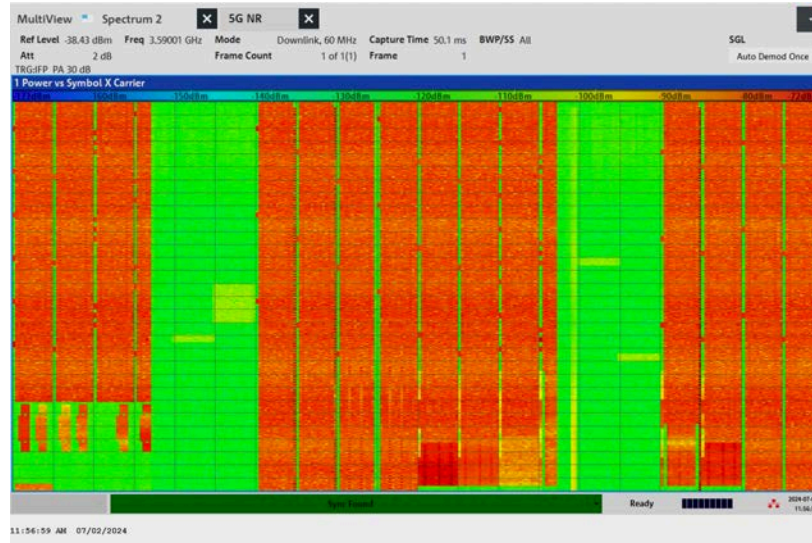


Figura 4 - Power vs symbol per carrier a trama piena (traffico forzato)



Si osserva inoltre che l'SSB0 risulta quello con potenza maggiore, per cui presumibilmente esso rappresenta il fascio di controllo (broadcast) che è diretto verso il punto di misura: questa informazione risulta confermata dalla potenza misurata per RE assegnata ai diversi SSB, come si osserva in Tab.2.

Tabella 2 - Valori misurati per il campo elettrico massimo per RE degli SSB

Analizzatore	SSB0	SSB1	SSB2	SSB3	SSB5	SSB6
portatile 2022	0.019	0.010	0.006	0.007	0.013	0.015
portatile 2024	0.020	0.013	0.007	0.005	0.010	0.018
vettoriale 2024	0.016	0.010	0.007	0.011	0.010	0.016

ESTRAPOLAZIONE ALLA MASSIMA POTENZA

L'estrapolazione dei segnali fino alla tecnologia 4G è stata svolta seguendo le indicazioni e le formule presenti nella Norma CEI 211-7, per il dettaglio delle quali si fa riferimento all'Appendice E della stessa.

L'estrapolazione del segnale 5G per la valutazione della massima esposizione è stata effettuata in base alla procedura ed alla formula (1) indicata al punto F.9.2.1.4 della Norma CEI EN IEC 62232, che per completezza si riporta di seguito.

$$E_{5G} = E_{broadcast} \times \sqrt{F_{BW}} \times \sqrt{F_{PR}} \times \sqrt{F_{TDC}} \times \sqrt{BF^{-1}} \times \sqrt{F_{extbeam}} \quad \left[\frac{V}{m} \right] \quad (1)$$

Nel nostro caso $E_{broadcast}$ è il valore del campo elettrico misurato per Resource Element del più intenso fra i fasci di broadcast (SSB), cioè quello puntato nella direzione più vicina a quella in cui si trova il punto di misura; i fasci broadcast sono trasmessi ad una potenza costante indipendentemente dal traffico che è stata misurata con entrambi gli analizzatori di spettro a disposizione.

Per quanto riguarda F_{BW} , nel nostro caso bisogna considerare il rapporto tra tutta la banda a disposizione dell'operatore (60 MHz di cui vengono utilizzati 58.3 MHz) e la larghezza di banda del $E_{broadcast}$ misurato: poiché quest'ultimo corrisponde ad un singolo RE dell'SSB0, e la sua larghezza di banda è pari a 30 kHz, occorre moltiplicare per la radice quadrata del numero totale di sottoportanti (1944) corrispondenti appunto all'ampiezza della banda utilizzata (58.3 MHz).

Il fattore F_{PR} fornisce una misura della riduzione della potenza che si ottiene da un'analisi di tipo statistico e può essere posto uguale a 1 se già ricompreso nel fattore $F_{extBeam}$.

Il fattore F_{TDC} rappresenta il rapporto tra la porzione di trama dedicata al downlink e quello totale, rende conto perciò del funzionamento in TDD: nel caso in esame è pari a 0.743. Nel caso si voglia verificare il rispetto del valore di attenzione per la permanenza prolungata, al posto di F_{TDC} dovrà essere applicato il fattore Alfa24.

Il boosting factor BF rappresenta il rapporto tra la potenza della sottoportante dei canali di controllo e la potenza di una sottoportante dei canali di traffico, nel caso in esame è pari a 1.

Il fattore $F_{extBeam}$ rappresenta il rapporto tra l'involuppo del fascio di traffico ed il corrispondente di broadcast nella direzione del punto di misura.

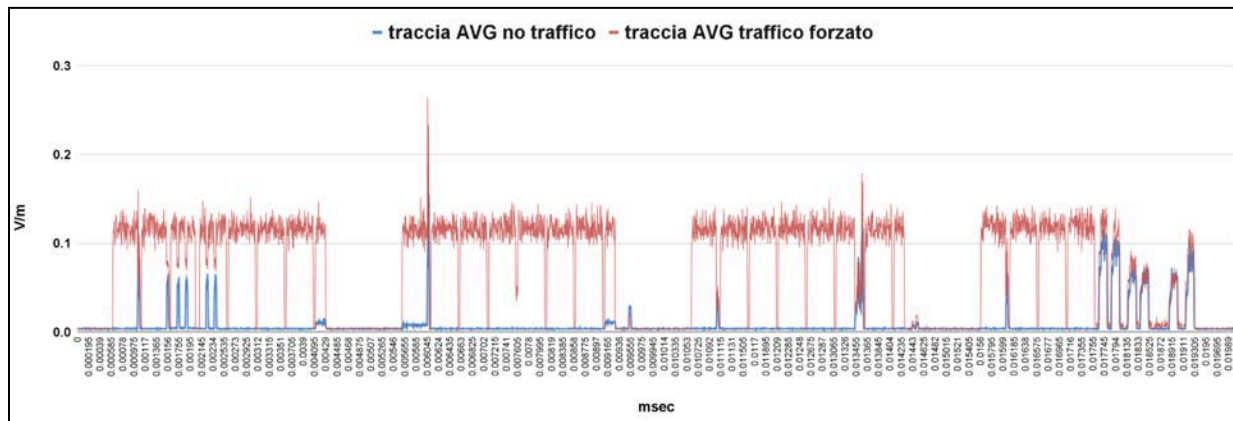
I valori di $F_{extBeam}$ ricavati sperimentalmente nel presente studio nei due modi di seguito descritti, sono riportati in Tab.3:

1. utilizzando l'analizzatore portatile, attraverso una misura a span zero durante la forzatura del traffico 5G, centrando la banda passante sulla frequenza centrale degli SSB, con span pari a 8 MHz (vedi Fig. 5): $F_{extBeam}$ è quantificato come la differenza tra il valore massimo (nella traccia Average) del campo elettrico associato al SSB più elevato (SSB0) in assenza di traffico e il valore massimo del campo (sulla traccia Average) misurato sugli slot di traffico nel momento della forzatura dello stesso;
2. utilizzando l'analizzatore vettoriale, attraverso la misura di potenza per RE associata alla decodifica del tipo di canale trasmesso, in grado di distinguere tra gli SSB1, SSB2, ..., SSB6 e i canali di traffico (PDSCHn): $F_{extBeam}$ è quantificato come la differenza tra il valore massimo della potenza per RE associata al SSB0 e il massimo della potenza per RE associata ai canali PDSCHn (traffico) nella momento della forzatura dello stesso.

Tabella 3 - Valori di $F_{extBeam}$ ricavati con le due diverse metodologie

Tipo di misura	Strumentazione	dB	volte
1. Span Zero	analizzatore portatile	-12.5	17.9
2. Misure di potenza per RE con decodifica dei canali	analizzatore vettoriale	-12.8	18.9

Figura 5 - Misura a span zero con analizzatore portatile, traccia AVG con e senza forzatura del traffico



Nella metodologia 1) il valore di $E_{broadcast}$ utilizzato è il livello massimo di campo elettrico associato al RE appartenente al SSS del beam di controllo SSB0, misurato con il modulo di decodifica del segnale 5G dell'analizzatore portatile SMR3006 di Narda.

Nella metodologia 2) il valore di $E_{broadcast}$ utilizzato è il livello massimo di potenza associata al RE decodificato come appartenente al beam di controllo SSB0 dall'analizzatore vettoriale FSVA 3007 di R&S.

Per quanto riguarda l'estrapolazione dei valori misurati nel 2022, considerando che le condizioni delle SRB nel sito non sono cambiate dal 2022 (non sono infatti state presentate né valutate riconfigurazioni degli impianti nel periodo intercorso tra le due sessioni di misura) e che la strumentazione è stata collocata nella stessa posizione (perciò il segnale 5G è influenzato dallo stesso ambiente di propagazione), si è ritenuto opportuno utilizzare lo stesso fattore $F_{extBeam}$ ottenuto nella sessione del 2024.

I valori estrapolati per la portante 5G attribuibile alla cella 220 (90°N), che si trova maggiormente in direzione rispetto al punto di misura, sono riportati nella seguente Tab.4.

Tabella 4 - Valori di E estrapolato vs E stimato (alla massima potenza nelle 24 ore)

Anno	Metodo	$E_{RESSB0}^{broadcast} = E_{RESSB0}$ [V/m]	$F_{extBeam}$	n° sottoportanti	Alfa24	$E_{estrapolato}$ [V/m]	$E_{stimato}$ [V/m]
2022	1	0.019	17.9	1944	0.31	2.0	1.9
2024	1	0.020	17.9			2.1	
2024	2	0.016	18.9			1.7	

Si rileva che i risultati ottenuti con le due metodologie di estrapolazione sono in sostanziale accordo con il valore teorico atteso, gli esiti dell'applicazione della metodologia 1 mostrano una leggera sovrastima, mentre quello con la metodologia 2 una lieve sottostima.

FORZATURA DEL TRAFFICO

Al fine di ottenere il fattore $F_{extBeam}$ è stato forzato il traffico 5G nella direzione del punto di misura. Le tecniche di forzatura utilizzate, attraverso l'uso di un terminale commerciale e di una scheda SIM di W3 comprensiva di traffico 5G, sono state due:

1. 'Okla speed test' sul segnale 5G: da questa applicazione viene indotto uno scaricamento dati massivo da parte del terminale alla velocità massima raggiungibile dal sistema 5G (poco meno di 1 GBytes/s nel punto di misura), di durata circa 15 s, ma solo per una volta; a test successivi permettono una velocità inferiore, fino ad un massimo di circa 300-400 MBytes/s);
2. 'http file transfer': richiesta di caricamento sul terminale di un file di grandezza pari a 10 GBytes da un apposito sito, che induce un caricamento massivo di dati.

RISULTATI DELLE MISURE

MISURE A LARGA BANDA

Di seguito si riportano gli esiti della misura di 6 minuti a larga banda.

Tabella 5 - Risultati della misura di breve periodo a banda larga

Posizione punto di misura	Data e ora di inizio	Campo elettrico RMS traccia AVG [V/m]
Terrazza solarium, h=10.5 m dal suolo	24/10/2022 - ore 11:03	3.2
	02/07/2024 - ore 10:40	2.0

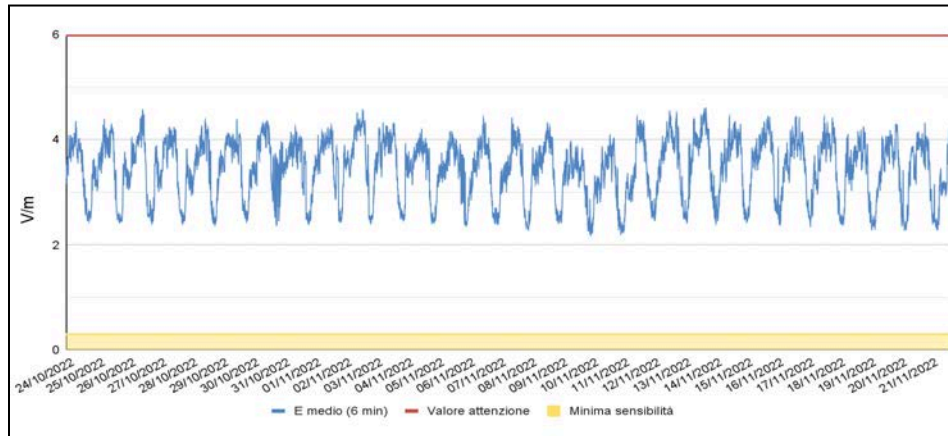
MONITORAGGIO IN CONTINUO

La campagna di monitoraggio in continuo, effettuata nel 2022 e durata 28 giorni, ha evidenziato valori di campo elettrico compresi tra un minimo di 2.2 e un massimo di 4.6 V/m: il valore massimo della media sulle 24 ore è risultato 3.8 V/m.

Essi sono risultati conformi al valore di attenzione allora vigente di 6 V/m e di entità in accordo con i valori misurati a banda larga, considerando l'orario del mattino in cui quest'ultima è stata svolta.

L'andamento giornaliero risulta analogo tutti i giorni della settimana, compresi il sabato e la domenica, e si evidenziano i livelli più elevati nel pomeriggio/sera, conformemente alla richiesta di traffico nell'area di tipo sportivo e residenziale.

Figura 6 - Andamento del campo elettrico (media trascinata su 6 minuti)



MISURE A BANDA STRETTA

Per entrambe le sessioni è stato rilevato livello di campo elettrico associato ai canali di controllo per servizio e per gestore attraverso gli appositi moduli di decodifica dell'analizzatore portatile, da cui è stato calcolato il valore estrapolato alla massima potenza come sopra descritto.

I valori di campo elettrico ottenuti sono riportati nella seguente Tab.6.

I valori estrapolati complessivi mostrano:

1. nel 2022 il rispetto del valore di attenzione di 6 V/m: si evidenziava tuttavia che il livello estrapolato alla massima potenza (5 V/m) risultava molto prossimo al limite;
2. nel 2024 l'ampio rispetto del 'nuovo' valore di attenzione di 15 V/m; è stato verificato anche il rispetto degli limiti emissivi assentibili (come attualmente individuati dal MIMIT) per ciascun gestore, come evidenziato nella Tab.7.

Tabella 6 - Valore di campo elettrico estrapolato per i vari gestori e servizi

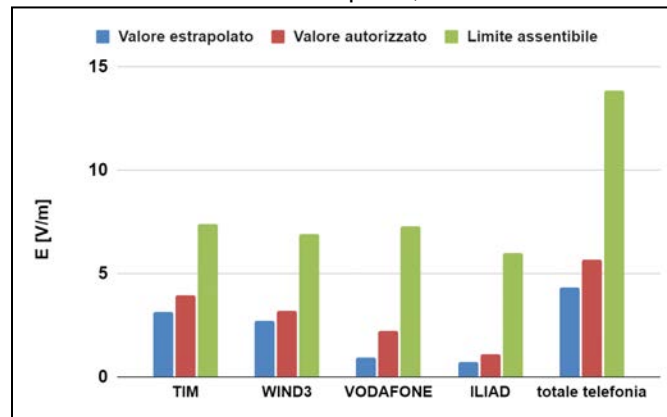
Emittente/ Gestore	Radio	TV	Tim	WindTre	Vodafone	Iliad	Altro	Totale	%
Altro	0.3	0.1					0.6	0.7	1.8%
GSM 900			1.39	0.30	0.79			1.6	10.4%
UMTS 900				1.73		0.15		1.7	11.9%
UMTS 2100				0.51				0.5	1.0%
LTE 700 DSS								0.2	0.2%
LTE 800				0.70	0.71	0.22		1.0	3.9%
LTE 1800			2.84	0.85	0.72	0.53		3.1	37.8%
LTE 2100			0.37	0.76	1.20	0.38		1.5	9.0%
LTE 2600 FDD				0.68	1.13	0.42		1.4	7.5%
LTE 2600 TDD				0.32				0.3	0.4%
5G 3700				2.02				2.0	16.1%
Totale 2022	0.3	0.1	3.2	3.1	2.1	0.8	0.6	5.0	
%	0.4%	0.0%	39.9%	38.6%	17.1%	2.6%	1.4%		100.0%

Emittente/ Gestore	Radio	TV	Tim	WindTre	Vodafone	Iliad	Altro	Totale	%
Altro	0.3	0.1					0.6	0.7	2.4%
GSM 900			1.63	0.70	0.33			1.8	17.0%
UMTS 900				0.50		0.23		0.6	1.6%
UMTS 2100				-				0.0	0.0%
LTE 700 DSS						0.22		0.2	0.3%
LTE 800				0.52	0.21			0.6	1.6%
LTE 1800			2.68	0.83	0.42	0.42		2.9	43.0%
LTE 2100			0.01	0.73	0.72	0.30		1.1	6.0%
LTE 2600 FDD				0.52	-	0.41		0.7	2.3%
LTE 2600 TDD				0.34				0.3	0.6%
5G 3700				2.20				2.2	25.3%
Totale 2024	0.3	0.1	3.1	2.7	0.9	0.7	0.6	4.4	
%	0.5%	0.1%	51.5%	39.0%	4.4%	2.8%	1.9%		100.0%

Tabella 7 - Valore di campo elettrico estrapolato, autorizzato e limiti assentibili per gestore

Gestore	Valore estrapolato	Valore autorizzato	Limite assentibile
TIM	3.1	4.0	7.4
WIND3	2.7	3.2	6.9
VODAFONE	0.9	2.2	7.3
ILIAD	0.7	1.1	6
Totale telefonia	4.3	5.7	-

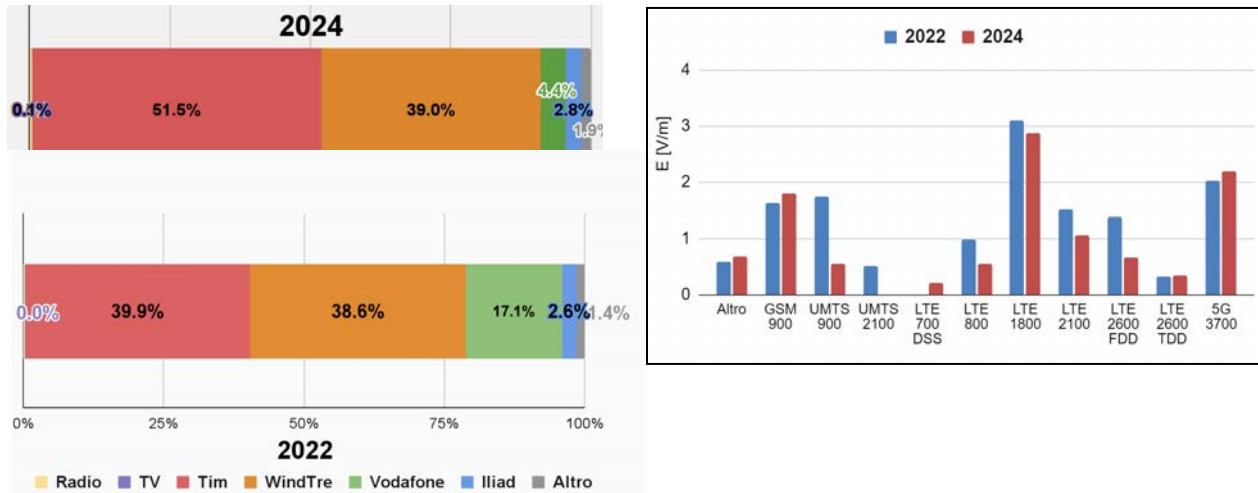
Figura 7 - Confronto tra livelli estrapolati, autorizzati e limiti assentibili



In entrambe le sessioni di misura i contributi più elevati risultano dovuti ai impianti di Tim e di Wind Tre, che sono installati su un palo più vicino al punto di misura rispetto a quello di Vodafone e Iliad; ogni gestore rispetta ampiamente il proprio limite emissivo assentibile e anche il valore di fatto autorizzato in fase di valutazione preventiva. I contributi delle emittenti radio e tv sono trascurabili: ad esse la recente normativa attribuisce un contributo massimo ammissibile di 6 V/m all'interno del valore limite di 15 V/m.

Per quanto riguarda l'impatto delle diverse tecnologie, risultano contribuire maggiormente al valore di campo elettrico i sistemi LTE a 1800 MHz, ma non sono trascurabili anche i contributi del 5G a 3700 MHz e il GSM a 900 MHz, sia nel 2022 che nel 2024.

Figura 8 - Confronto tra i due anni per contributo dei diversi gestori



CONCLUSIONI

L'esperienza di misure svolte da Arpa in un sito reale con presenza del segnale 5G a 3700 MHz attivo ha portato alle seguenti considerazioni e osservazioni:

1. un sito che due anni fa era quasi saturo, con l'innalzamento del valore di attenzione offre ad oggi la possibilità per i gestori di implementare il numero dei sistemi e/o la loro potenza;
2. i limiti emissivi assentibili risultano attualmente ampiamente rispettati: visto il grande margine concesso dall'innalzamento del valore di attenzione, si potrebbe valutare l'opportunità di semplificare le stime preventive in fase di parere tecnico da parte delle Agenzie Ambientali, trascurando i fattori di attenuazione attualmente utilizzati, compreso l' α_{24} ;
3. i contributi dei diversi gestori estrapolati risultano in tutti i casi inferiori ai livelli valutati in fase preventiva alla massima potenza, a causa probabilmente di effetti dovuti all'ambiente di propagazione, ma soprattutto a causa della potenza implementata sui sistemi di trasmissione a volte inferiore rispetto a quella richiesta in fase autorizzativa; alcuni sistemi autorizzati inoltre risultano non attivati, ad esempio la tecnologia UMTS a 2100 MHz di W3 e quella LTE a 2600 MHz di Vodafone risultavano non attive nella sessione del 2024;
4. le misure ripetute nel corso dei due anni hanno permesso di osservare l'evoluzione nell'uso delle tecnologie: è stato verificato che il sistema UMTS è in via di dismissione; si constata inoltre che il sistema LTE a 1800 MHz risulta quello attualmente più utilizzato; si osserva infine che la tecnologia GSM non è ancora 'tramontata' e che il contributo del 5G non è trascurabile;
5. l'estrapolazione del segnale 5G risulta particolarmente complessa per l'uso di strumentazione avanzata e necessità di forzatura del traffico: ripetendo varie volte la decodifica del campo elettrico associato ai RE degli SSB si rileva una certa variabilità nei valori misurati, mentre essendo segnali sempre trasmessi alla medesima potenza ci si aspetterebbe un valore costante: questo determina una certa variabilità anche del valore estrapolato per il contributo 5G, che tuttavia risulta in accordo con quello stimato;
6. anche la successiva elaborazione dei dati richiede una conoscenza approfondita del segnale e una competenza avanzata da parte degli operatori;
7. inoltre le tecniche di forzatura del traffico, in assenza di strumentazione dedicata, richiamano traffico in modo costante solo per periodi molto brevi e questo complica l'esecuzione materiale delle rilevazioni del 5G;
8. nelle condizioni reali in cui è stata fatta l'esperienza, caratterizzata da assenza di ostacoli, poche riflessioni e distanze sorgente-ricettore non troppo grandi, le due tecniche di estrapolazione testate, che prevedono l'uso di due diverse catene di misura, e l'applicazione della formula contenuta nella Norma CEI EN IEC 62232, hanno fornito risultati comparabili tra loro e con il valore stimato in fase autorizzativa.