

Misure di esposizione alle radiazioni non ionizzanti  
Relazione annuale 2022 - Consorzio di progetto SwissNIS

Aarau, 10 agosto 2023

A nome dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM)

## Impressum

**Commissionato da:** Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), Divisione Rumore e NIR, CH-3003 Berna  
L'UFAM è un ufficio del Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni (DATEC).

**Contraente:** Consorzio del progetto SwissNIS

TPH  
Swiss Tropical and Public Health Institute  
Kreuzstrasse 2  
4123 Allschwil

G+P  
Grolimund + Partner AG  
Entfelderstrasse 45  
5000 Aarau

FaW  
Fields at Work GmbH  
Hegibachstrasse 41  
8032 Zurigo

NED-TECH  
NED - TECH AG  
Unterholz 26  
3380 Wangen an der Aare

### Autore/Autrice:

Toni Ziegler, G+P, Responsabile del progetto  
Martin Rössli, TPH, vice responsabile del progetto.  
Dominik Haas, G+P  
Nicolas Loizeau, TPH  
Marco Zahner, FaW  
Christa Stephan, G+P  
Johannes Schindler, G+P  
Markus Gugler, NED-TECH  
Jürg Fröhlich, FaW  
Erik Bühlmann, G+P  
Michal Kovacik, G+P

### Accompagnamento UFAM:

Sebastian Egger  
Urs Walker  
Alexander Reichenbach  
Andreas Siegenthaler

**Nota:** questo studio/relazione è stato commissionato dall'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM). Il contraente è l'unico responsabile dei contenuti.

Lasciare la

Versione	Data	Autori	Descrizione	Distributore
V 1.0	02.06.2023	Gruppo di progetto	Relazione annuale 2022	SwissNIS, cliente (UFAM)
V1.1	30.06.2023	Gruppo di progetto, UFAM	Commenti sulla versione 1.0	SwissNIS, cliente (UFAM)
V1.2	30.08.2023	Gruppo di progetto	Relazione annuale 2022 riveduta	SwissNIS, cliente (UFAM)

## Contenuto

Impressum .....	2
Contenuto.....	3
1 Introduzione e obiettivi .....	5
2 Concetto e metodi .....	6
21 Concetto di misurazione .....	6
22 Strumenti di misura .....	7
22.1 Specifiche generali dell'unità .....	7
22.2 Nuova versione del programma ExpoM-RF Utility .....	8
22.3 Selezione delle bande di frequenza.....	8
22.4 Accuratezza e incertezza di misura .....	11
22.5 Influenza della schermatura del corpo.....	12
22.6 Correzione della diafonia .....	12
23 Misure .....	13
23.1 Misurazioni su percorsi .....	13
23.2 Misure spot residenziali .....	14
23.3 Misure continue stazionarie .....	15
24 Selezione dei siti di misura .....	15
24.1 Rappresentatività dei dati di misurazione sui percorsi .....	15
24.2 Misure su percorsi nel 2022.....	17
24.3 Misure spot residenziali .....	19
24.4 Misure continue stazionarie .....	21
25 Gestione dei dati .....	23
25.1 File di misura e database.....	23
25.2 Preparazione dei dati .....	23
25.3 Statistiche descrittive .....	25
3 Risultati .....	28
31 Misure sui percorsi.....	28
31.1 Panoramica generale - Esposizione ad HF .....	28
31.2 Panoramica generale - Esposizione a NF .....	34
31.3 Ulteriori analisi nei treni - Esposizione HF e LF.....	38
31.4 Ulteriori analisi nelle scuole - Esposizione a HF e NF.....	39
31.5 Sfruttamento del valore limite di immissione (IGW).....	41
32 Misure spot residenziali .....	43
32.1 Esposizione ad HF.....	43
32.2 NF- Esposizione.....	46
33 Misure continue stazionarie .....	49

4	Discussione.....	50
41	Misure sui percorsi.....	50
41.1	Misure sui percorsi generali.....	50
41.2	Misure sui treni.....	51
41.3	Misure presso le scuole .....	51
41.4	Confronto 2021/2022 delle misure sui percorsi.....	52
42	Misure spot .....	53
43	Limitazioni .....	55
5	Bibliografia .....	56
6	Fonti di dati.....	58
	Appendice .....	59
I	Glossario .....	59
II	Elenco delle comunità di localizzazione del microambiente .....	61
III	Parametri statistici delle misurazioni sui percorsi .....	65
IV	Parametri statistici delle misure spot .....	79
V	Elenco dei punti di misurazione spot .....	87

## 1° Introduzione e obiettivi

Dalla revisione dell'ordinanza sulla protezione dalle radiazioni non ionizzanti (ORNI) dell'aprile 2019, l'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) è stato espressamente incaricato di rilevare periodicamente l'esposizione della popolazione alle radiazioni non ionizzanti (RNI) e di redigere una panoramica nazionale (art. 19b cpv. 1 RNI). [1]. A tal fine, nel 2020 l'UFAM ha indetto una gara d'appalto per un progetto di raccolta di dati di misurazione rappresentativi sull'esposizione della popolazione svizzera alle radiazioni non ionizzanti nella vita quotidiana.

Questo documento è il rapporto annuale 2022 sulla raccolta dei dati di misurazione, redatto dal consorzio del progetto che ha vinto la gara d'appalto.

L'obiettivo principale di questo rapporto annuale è quello di descrivere le misurazioni effettuate nel 2022 nell'ambito del monitoraggio dell'esposizione NIR in Svizzera. Da un lato, il rapporto annuale 2022 descrive il concetto di base e il tipo di raccolta dei dati, dall'altro presenta i risultati delle misurazioni effettuate nel 2022. Poiché questo è il secondo rapporto annuale durante il periodo di raccolta dei dati e la ripetizione delle misurazioni è prevista ogni 2 anni, i confronti con i dati di misurazione del 2021 non sono possibili o lo sono solo in misura molto limitata.

Tabella 1: Concetto di misurazione, portata e frequenza di ripetizione delle campagne di misurazione

Metodo di misurazione	Numero di unità	2021	2022	2023	2024	2025
Misure su percorsi	300 Microambienti	50%	50%	50%	50%	50%
Misure spot / residenziali	100 appartamenti	20%	20%	20%	20%	20%
Misure continue stazionarie	5 posizioni			100%	100%	

Le misurazioni su percorsi presentano i dati di un totale di 150 microambienti, 90 luoghi pubblici e numerose modalità di trasporto pubblico raccolti nel 2022. Inoltre, le misurazioni sui percorsi già analizzate nel rapporto annuale 2021 sono state completate con un'analisi dell'esposizione sui treni in base all'occupazione dei treni e un'analisi approfondita per le scuole.

Per le misurazioni spot, i dati presentati in questo rapporto annuale comprendono 26 siti che sono stati misurati tra il 2021 e il marzo 2023. In questo caso, nel campione sono state integrate le misurazioni del 1° trimestre del 2023, poiché nel 2021/2022 è stato possibile effettuare un numero di misurazioni inferiore a quello previsto a causa delle restrizioni dovute alla pandemia.

Il prossimo rapporto annuale (2023) si concentrerà maggiormente sui cambiamenti temporali, in quanto è possibile un confronto tra le misurazioni del 2023-2021. Inoltre saranno disponibili le misurazioni stazionarie a lungo termine dell'intero anno 2023.

Nel corso del progetto, la base di dati sarà continuamente ampliata e riassunta in relazioni annuali e paragonata ai dati degli anni precedenti, al fine di valutare l'evoluzione delle immissioni nel tempo.

## 2° Concetto e metodi

Questo capitolo descrive il concetto e i metodi per le misurazioni, che sono previste per l'intera durata del progetto (5 anni). Nel primo rapporto annuale 2021 [2], la metodologia e il concetto sono stati descritti in modo molto dettagliato. In questo rapporto annuale 2022 vengono descritti solo gli elementi più essenziali, necessari per la comprensione dei risultati descritti, e ci si concentra sugli aggiustamenti e sugli ulteriori sviluppi del concetto di misurazione.

### 2°1 Concetto di misurazione

Il concetto di misurazione è essenzialmente lo stesso del rapporto annuale 2021 [2] descritto. Il concetto di misurazione dell'esposizione alle radiazioni non ionizzanti documentato nel presente rapporto comprende tre metodi di misurazione complementari:

1. "Misurazioni su percorsi"  
Le misurazioni mobili vengono effettuate con dispositivi portatili su percorsi di misurazione definiti, ripetuti a intervalli di 2 anni. I percorsi di misurazione sono situati in "microambienti" preselezionati. In totale, le misurazioni vengono effettuate in 300 microambienti in tutta la Svizzera, suddivisi in 11 tipi (cfr. Tabella 6). All'interno dei singoli microambienti, le misurazioni vengono effettuate sia all'aperto, il che corrisponde all'effettivo tipo di microambiente (ad esempio, centri urbani, aree industriali), ma anche in aree pubbliche (ad esempio, stazioni ferroviarie, ristoranti, supermercati, scuole) e durante i trasferimenti tra microambienti o le misurazioni in numerosi mezzi di trasporto pubblico (treni regionali/interurbani, tram, autobus). Nel seguito, si utilizza generalmente il termine "ambiente di misurazione". I microambienti sono selezionati con l'aiuto di sistemi informativi geografici (GIS) in base a vari criteri, in modo che il totale dei microambienti rappresenti bene la popolazione svizzera. Rispetto al rapporto annuale 2021, i tipi di microambienti sono stati aumentati da 9 a 11 e le misurazioni nelle scuole sono state incluse nel concetto di misurazione.
2. "Misurazioni spot/misure residenziali"  
Per l'intera durata del progetto, almeno 100 abitazioni saranno selezionate come "luoghi di utilizzo sensibile" (OMEN), che si trovano in prossimità di almeno una sorgente NIR e in cui ci si aspetta quindi un'intensità di campo superiore alla media. In questo modo, le situazioni tipiche di esposizione in prossimità delle rispettive sorgenti NIR vengono registrate in luoghi in cui le persone soggiornano frequentemente e per lungo tempo. Allo stesso tempo, queste abitazioni sono selezionate in modo quasi casuale rispetto ad altre sorgenti NIR e mostrano quindi situazioni di esposizione rappresentative di queste sorgenti.
3. "Misure permanenti stazionarie"  
Per mostrare le fluttuazioni stagionali e diurne e le tendenze temporali dell'esposizione alle NIR, saranno effettuate misurazioni permanenti stazionarie in cinque siti selezionati per almeno due anni (dall'1.1.2023).

I metodi di misurazione e i criteri di selezione dei punti di misurazione sono descritti di seguito. Le misurazioni registrano specificamente le componenti di radiazione che provengono dall'ambiente, ma non quelle che provengono dal telefono cellulare dell'utente. Gli operatori di telefonia mobile non sono informati su dove e quando vengono effettuate le misurazioni.

## 2°2 Strumenti di misura

Per le misurazioni vengono utilizzati esposimetri portatili con data logger integrati di Fields at Work. La misurazione dei campi magnetici a bassa frequenza (CM-BF) è coperta dal dispositivo ExpoM-ELF, mentre per i campi elettromagnetici ad alta frequenza (CEM-HF) vengono utilizzati i dispositivi ExpoM-RF di ultima generazione (revisione 4).

I dispositivi di misura ExpoM (Figura 1) sono compatti e leggeri e dispongono di un registratore GPS integrato. Sono quindi particolarmente adatti per le misurazioni mobili. Tuttavia, possono essere utilizzati anche per le misure spot e le misure stazionarie effettuate nell'ambito di questo progetto, in modo da garantire una comparabilità ottimale di tutti i risultati di misura.



Figura 1: Dispositivi di misura utilizzati: ExpoM-ELF (a sinistra) e ExpoM-RF 4 (a destra)

Gli strumenti di misura della famiglia ExpoM sono utilizzati in tutto il mondo e negli ultimi anni sono stati impiegati per numerosi studi e campagne di misura in patria e all'estero.

### 2°2.1 Specifiche generali dell'unità

L'ExpoM-ELF è un misuratore di campo magnetico a 3 assi che copre la gamma di frequenza da CC a 100 kHz e può rilevare intensità di campo magnetico fino a  $\pm 1500 \mu\text{T}$  nella sensibilità standard. Le misure sono effettuate nel dominio del tempo e contengono quindi il massimo grado di informazione possibile. Le valutazioni selettive in banda vengono eseguite utilizzando una successiva elaborazione digitale del segnale (FFT) delle misure nel dominio del tempo.

L'ExpoM-RF 4 è un esposimetro configurabile e selettivo in banda per i campi elettromagnetici ad alta frequenza da 50 MHz a 6 GHz e rileva l'intensità del campo elettrico in V/m. Sono disponibili tre intervalli di sensibilità (6, 20 e 50 V/m). L'apparecchio misura in modo selettivo all'interno di una larghezza di banda selezionabile di 35, 75 o 100 MHz. È possibile definire bande con qualsiasi frequenza centrale all'interno dell'intervallo di misura specificato. L'ExpoM-RF prende un campione casuale dell'immersione in tutte le bande preconfigurate in ogni intervallo di misura. Il valore effettivo (RMS) e il valore di picco a breve termine (massimo) vengono determinati e memorizzati da questi campioni (ciascuno con una durata di misura di circa 50 ms).

Le specifiche dettagliate di entrambe le unità sono disponibili nelle pagine dei prodotti corrispondenti del sito web di Fields at Work ([www.fieldsatwork.ch](http://www.fieldsatwork.ch)).

## 2°2.2 Nuova versione del programma ExpoM-RF Utility

Nell'aprile 2023 è stata rilasciata una nuova versione dell'utility ExpoM RF, che include un miglioramento dell'algoritmo per il calcolo dei valori di intensità di campo RMS dai dati grezzi del dispositivo di misura. Gli strumenti di misura vengono calibrati con un certo numero di intensità di campo di riferimento durante la calibrazione. Nel caso dell'ExpoM-RF, queste intensità di campo di riferimento sono collocate a intervalli di 5 dB a partire da 0.0011 V/m. I punti tra queste intensità di campo di riferimento sono determinati mediante calcolo. Si tratta di una procedura di interpolazione. I valori misurati determinati dal calcolo presentano una certa deviazione dalle intensità di campo reali. Queste deviazioni sono specificate come parte dell'incertezza di misura. Il nuovo algoritmo riduce questa deviazione e garantisce una migliore comparabilità con le misure della versione precedente dell'ExpoM-RF.

Il nuovo algoritmo porta a una correzione sistematica dei valori di misura RMS rispetto alla versione precedente compresa tra il 5 e il 10%. Le deviazioni della nuova versione rientrano nell'incertezza di misura originariamente stimata. I valori di picco non sono influenzati dall'aggiornamento perché viene utilizzato un algoritmo diverso per il quale non è necessario alcun aggiustamento.

## 2°2.3 Selezione delle bande di frequenza

Per questo progetto è stata effettuata una selezione di 35 bande di frequenza nella gamma CEM-HF, che coprono tutti i principali servizi di telecomunicazione broadcast, mobile e wireless, nonché le immissioni NIR causate dalle infrastrutture. Le 35 bande di frequenza RF sono state calibrate individualmente per ogni ExpoM-RF nella camera di misura anecoica (campo lontano). Le bande di frequenza RF sono riportate nella Tabella 2 e corrispondono, per quanto possibile, a servizi specifici. Le spiegazioni delle abbreviazioni sono riportate nel glossario (Appendice I). L'ExpoM-ELF è calibrato in una configurazione appositamente progettata. Le principali bande di frequenza LF sono la corrente ferroviaria (16,6 Hz), la corrente di alimentazione (50 Hz) e la corrente di ondulazione del tram (300 Hz), così come le loro armoniche, e sono elencate in Tabella 3 elencata. L'impostazione delle bande LF è stata riveduta nel 2022, motivo per cui ci sono leggere differenze rispetto all'elenco del rapporto del 2021. La larghezza di banda per il rilevamento delle componenti della corrente ferroviaria (banda NF n. 2) è stata aumentata da 2 Hz a 4 Hz e la larghezza di banda delle bande NF 1 e 3 vicine è stata ridotta di conseguenza. Con questo aggiustamento, è stato possibile eliminare i piccoli effetti di diafonia delle componenti di corrente ferroviaria sulle bande vicine.

Tabella 2: Elenco delle bande di frequenza HF.

Banda CEM-HF N.	Descrizione	Frequenza centrale in MHz	Larghezza di banda in MHz	Categoria di servizio
1	Radio FM	97.75	35	radiodiffusione
2	DAB/DAB+	202	75	radiodiffusione
3	Polycom / TETRAPOL	385	35	infrastruttura
4	TETRAPOL, amatoriale, ISM 433	422.5	35	ISM, pubblico
5	PMR/PAMR (radio professionale)	452.5	35	infrastruttura
6	Trasmissione CH (1)	507.5	75	radiodiffusione
7	Trasmissione CH (2)	583.5	75	radiodiffusione
8	Trasmissione CH (3)	659.5	75	radiodiffusione

Banda CEM-HF N.	Descrizione	Frequenza centrale in MHz	Larghezza di banda in MHz	Categoria di servizio
9	Mobile 700 UL (CH)	718	35	uplink cellulare
10	Mobile 700 TDD (CH, Sunrise)	748	35	cellulare TDD
11	Mobile 700 DL (CH)	770.5	35	downlink cellulare
12	Mobile 800 downlink	808.5	35	downlink cellulare
13	Mobile 800 uplink	847	35	uplink cellulare
14	Collegamento mobile 900	897.5	35	uplink cellulare
15	Mobile 900 downlink	942.5	35	downlink cellulare
16	Mobile 1400 SDL (CH)	1479.5	75	downlink cellulare
17	Collegamento mobile 1800	1747.5	75	uplink cellulare
18	Mobile 1800 downlink	1842.5	75	downlink cellulare
19	DECT	1897.5	35	
20	Mobile 2100 uplink	1957	75	uplink cellulare
21	Mobile 2100 downlink	2145	75	downlink cellulare
22	ISM 2,4 GHz	2438	100	WiFi
23	Mobile 2600 uplink	2535	75	uplink cellulare
24	Mobile 2600 TDD (Swisscom)	2592.5	35	cellulare TDD
25	Mobile 2600 downlink	2657	75	downlink cellulare
26	Mobile 3500 (1)*	3475	100	cellulare TDD
27	Mobile 3500 (2)*	3605	100	cellulare TDD
28	Mobile 3500 (3)*	3735	100	cellulare TDD
29	WiFi 5 GHz (1)	5200	100	WiFi
30	WiFi 5 GHz (2)	5325	100	WiFi
31	WiFi 5 GHz (3)	5450	100	WiFi
32	WiFi 5 GHz (4)	5575	100	WiFi
33	WiFi 5 GHz (5)	5700	100	WiFi
34	WiFi / SRD 5,8 GHz (1)	5825	100	WiFi
35	WiFi / SRD 5,8 GHz (2)	5950	100	WiFi

\*Le frequenze centrali e le larghezze di banda sono state selezionate in modo tale che, tenendo conto della diafonia, la gamma di frequenze da 3400 a 3800 MHz sia mappata senza lacune.

Tabella 3: Elenco delle bande di frequenza LF.

Banda CM-BF	Descrizione	Frequenza centrale in Hz	Larghezza di banda in Hz	Categoria di servizio
1	Banda LF da 5 a 14 Hz	9.5	9	
2	Corrente ferroviaria (16,7 Hz), da 15 a 18 Hz	16.5	4	Trasporto pubblico
3	Banda LF da 19 a 48 Hz in $\mu$ T	33.5	29	Banda intermedia non specifica

Banda CM-BF	Descrizione	Frequenza centrale in Hz	Larghezza di banda in Hz	Categoria di servizio
4	Tensione di rete AC (50 Hz), da 49 a 51 Hz	50	2	Rete elettrica
5	Banda LF da 52 a 98 Hz	75	46	Banda intermedia non specifica
6	Tensione di rete prima armonica, da 99 a 101 Hz	100	2	Rete elettrica
7	Banda LF da 102 a 148 Hz	125	46	Banda intermedia non specifica
8	Tensione di rete seconda armonica, da 149 a 151 Hz	150	2	Rete elettrica
9	Banda LF da 152 a 298 Hz	225	146	Banda intermedia non specifica
10	Corrente di tram (CC con ondulazione di corrente, 300 Hz), da 299 a 301 Hz	300	2	Trasporto pubblico
11	Banda LF da 302 a 598 Hz	450	296	Banda intermedia non specifica
12	Corrente di tram prima armonica, da 599 a 601	600	2	Trasporto pubblico
13	Banda LF da 602 a 898 Hz	750	296	Banda intermedia non specifica
14	Corrente del tram seconda armonica, da 899 a 901 Hz	900	2	Trasporto pubblico
15	Banda LF da 902 a 1000 Hz	951	98	Banda intermedia non specifica
16	Banda HF - da 1 a 5 kHz	3000	4000	Blocco di frequenza non specifico
17	Banda HF da 5,1 a 10 kHz	7550	4900	Blocco di frequenza non specifico
18	Banda HF da 10,1 a 15 kHz	12550	4900	Blocco di frequenza non specifico
19	Banda HF da 15,1 a 20 kHz	17550	4900	Blocco di frequenza non specifico
20	Banda HF da 20,1 a 25 kHz	22550	4900	Blocco di frequenza non specifico
21	Banda HF da 25,1 a 30 kHz	27550	4900	Blocco di frequenza non specifico
22	Banda HF da 30,1 a 35,1 kHz	32600	5000	Blocco di frequenza non specifico
23	Banda HF da 35,1 a 40 kHz	37550	4900	Blocco di frequenza non specifico
24	Banda HF da 40,1 a 45 kHz	42550	4900	Blocco di frequenza non specifico
25	Banda HF da 45,1 a 50 kHz	47550	4900	Blocco di frequenza non specifico

Banda CM-BF	Descrizione	Frequenza centrale in Hz	Larghezza di banda in Hz	Categoria di servizio
26	Banda HF da 50.1 a 55 kHz	52550	4900	Blocco di frequenza non specifico
27	Banda HF da 55,1 a 60 kHz	57550	4900	Blocco di frequenza non specifico
28	Banda HF da 60.1 a 65 kHz	62550	4900	Blocco di frequenza non specifico
29	Banda HF da 65,1 a 70 kHz	67550	4900	Blocco di frequenza non specifico
30	Banda HF da 70.1 a 75 kHz	72550	4900	Blocco di frequenza non specifico
31	Banda HF da 75,1 a 80 kHz	77550	4900	Blocco di frequenza non specifico
32	Banda HF da 80.1 a 85 kHz	82550	4900	Blocco di frequenza non specifico
33	Banda HF da 85,1 a 90 kHz	87550	4900	Blocco di frequenza non specifico
34	Banda HF da 90.1 a 95 kHz	92550	4900	Blocco di frequenza non specifico
35	Banda HF da 95,1 a 100 kHz	97550	4900	Blocco di frequenza non specifico

## 2°2.4 Accuratezza e incertezza di misura

La tabella seguente elenca le incertezze di misura dei due strumenti di misura. L'analisi dell'incertezza dell'ExpoM-ELF si riferisce alla misura di campi alternati, cioè non si tiene conto della componente CC.

Tabella 4: Accuratezza di misura degli strumenti di misura utilizzati. Il calcolo dell'incertezza combinata tiene conto della distribuzione dei singoli contributi secondo le linee guida GUM stabilite [6].

Variabile d'influenza	Descrizione	Distribuzione	Contributo ExpoM-ELF	Contributo ExpoM-RF
Calibrazione	Incertezze delle intensità di campo di riferimento durante le misure di calibrazione dovute all'impostazione e all'apparecchiatura di misura	Normale	3.7%	10.7%
Risposta in frequenza	Variazione delle costanti di calibrazione per le misure al di fuori dei punti di frequenza calibrati	Uniforme	5.0%	28.3%
Non linearità	Variazione delle costanti di calibrazione per misure al di fuori dei valori di ampiezza calibrati / interpolazione	Uniforme	1.0%	5.8%
Anisotropia	Sensibilità direzionale del misuratore	Uniforme	1.0%	49.6%

Variabile d'influenza	Descrizione	Distribuzione	Contributo ExpoM-ELF	Contributo ExpoM-RF
Risoluzione	Errori di arrotondamento e offset digitali	Uniforme	0.5%	3.0%
Temperatura	Incertezza dovuta alla deriva termica di sensori ed elettronica	Uniforme	2.5%	10%
Ripetibilità	Variazioni casuali (rumore)	Normale	0.5%	1.0%
TOTALE	Incertezza di misura combinata (intervallo di confidenza del 95%)		3,9% / 0.33 dB	34,1% / 2,6 dB

Tabella 4 mostra che nell'intervallo LF l'incertezza di misura è bassa. La deviazione prevista è del 3,9%. Nella gamma HF, l'incertezza è significativamente maggiore, pari a  $\pm 34,1\%$ . Ciò è prevedibile dal punto di vista della misura. Va sottolineato che questa incertezza di misura si riferisce a un singolo valore misurato. Tuttavia, se il dispositivo di misura viene spostato durante la misurazione di un percorso, le incertezze nel valore medio per il microambiente corrispondente compenseranno in larga misura. Idealmente, se tutti gli errori fossero distribuiti in modo casuale e normale, l'incertezza si ridurrebbe con la radice del numero di valori misurati. Se si ipotizzano 150 valori di misura per microambiente (intervallo di misura di 6 secondi per 15 minuti), l'incertezza di misura del valore medio si ridurrebbe idealmente a  $\pm 3\%$ . In realtà, tuttavia, questo risultato non è raggiungibile perché alcuni contributi all'errore non sono indipendenti. Ciò riguarda principalmente la temperatura, la calibrazione e in parte la risposta in frequenza. Pertanto, l'incertezza effettiva del valore medio per microambiente è dell'ordine di  $\pm 10\%$ . Questo intervallo di incertezza è stato confermato nella versione precedente del dispositivo durante le misure parallele sul campo. [7].

### 2°2.5 Influenza della schermatura del corpo

Dalla fabbrica, le unità ExpoM-RF vengono calibrate nella camera di misura anecoica in campo libero. Qui il dispositivo si trova su una piattaforma isolata indipendente, che ha un'influenza trascurabile sul campo incidente. In pratica, il dispositivo di misura viene trasportato in uno zaino durante le misurazioni sul percorso e indossato ad una distanza relativamente ridotta (circa 20 cm) dal corpo. Questi fattori possono influenzare in una certa misura l'intensità del campo elettromagnetico misurato attraverso effetti di attenuazione, ombreggiamento e riflessione. L'entità di questi effetti è stata studiata con il sistema di misura utilizzato nel progetto per le misurazioni sui percorsi ed è descritta in dettaglio nel rapporto annuale 2021. [2].

### 2°2.6 Correzione della diafonia

La diafonia descrive il fatto che un segnale trasmesso in una banda di frequenza A viene registrato anche in una banda di frequenza B adiacente. Questo effetto può verificarsi se le due bande di frequenza sono sufficientemente vicine l'una all'altra, in modo che il filtraggio della frequenza nel dispositivo di misura non possa ottenere una netta separazione tra le bande. La descrizione dettagliata dell'effetto e la corrispondente correzione dei valori misurati sono riportate nella Relazione annuale 2021. [2] è spiegato.

## 2°3 Misure

### 2°3.1 Misurazioni su percorsi

Nelle misurazioni su percorsi, le misure vengono effettuate a piedi con strumenti di misura installati in uno zaino su percorsi di misura predefiniti. Le misure sui percorsi sono misure di campi elettromagnetici ad alta frequenza (CEM-HF) e campi magnetici a bassa frequenza (CM-BF) e consistono in tre scenari o ambienti di misura:

- **Microambienti:** I percorsi di misura sono situati in "microambienti" (aree con una superficie compresa tra 0.03 e 0.8 km<sup>2</sup>, definite sulla base delle caratteristiche geografiche umane) che sono definiti secondo la procedura descritta nel paragrafo 2.4.2 descritta nella sezione 2.4.2. In ogni microambiente viene definita una distanza di misurazione (percorso) di circa 1-1,3 km, in modo che siano necessari circa 15 minuti per la camminata. I percorsi di misurazione sono disposti in modo da coprire la maggior parte possibile del microambiente. Ulteriori dettagli sulle misurazioni nei microambienti sono disponibili nella relazione annuale 2021. [2].
- **Aree pubbliche:** Le misurazioni dell'esposizione vengono effettuate durante gli spostamenti tra i diversi microambienti in luoghi pubblici (ad esempio, fermate degli autobus, stazioni ferroviarie, scuole). In questi luoghi, le misurazioni vengono effettuate anche a piedi per coprire il più possibile l'intero luogo. Nei ristoranti, lo zaino viene posizionato sulla sedia di fronte alla persona che misura.
- **Trasporto pubblico:** L'esposizione sui mezzi di trasporto pubblici viene registrata durante il tragitto (ad esempio, su treni, autobus, tram). Nei trasporti pubblici lo zaino viene posizionato su un sedile se c'è un posto libero. Se non c'è spazio libero per lo zaino, lo zaino viene appoggiato sulle ginocchia o, se la persona che misura non può sedersi, sta in piedi e porta lo zaino.

Il protocollo delle attività viene registrato con un'applicazione per smartphone. L'applicazione serve a registrare quando e dove è iniziata e terminata la misurazione. Il telefono cellulare del tecnico di misura rimane in modalità di volo durante l'intera misurazione. Le coordinate dei singoli punti di misura vengono registrate utilizzando il GPS integrato nei dispositivi di misura.

La configurazione per le misurazioni sui percorsi è mostrata nella Figura 2. Due ExpoM-RF4 (dispositivo di misurazione HF) e un ExpoM-ELF (dispositivo di misurazione NF) sono collocati in una valigia a una distanza definita dal corpo, in modo da ridurre al minimo le interferenze reciproche. Elementi in schiuma assicurano che la posizione relativa dei dispositivi e la distanza dalla schiena della persona rimangano costanti e ripetibili. La configurazione per la misurazione sui percorsi è illustrata nella Figura 2. I due ExpoM-RF sono utilizzati con sensibilità diverse (letture registrate rispettivamente fino a 6 V/m e 20 V/m). Informazioni più dettagliate sulla configurazione sono disponibili nel rapporto annuale 2021 [2].



Figura 2: Figura della configurazione per la misurazione sui percorsi. A sinistra: Tre dispositivi di misurazione (due ExpoM-RF4 e un ExpoM-ELF) sono fissati in una valigia riempita di schiuma. Al centro: la valigetta viene inserita nello zaino e fissata con la schiuma. A destra: la persona addetta alla misurazione porta lo zaino con i dispositivi di misurazione a una distanza di 20 cm dal corpo e a un'altezza di 160 cm.

### 2°3.2 Misure spot residenziali

Le misure residenziali sono costituite da tre misure parziali in ciascun punto di misura:

- Misurazione di breve durata: misurazione stazionaria per 10 minuti con intervallo di 10 s nel soggiorno su un supporto non conduttivo ("spot-local"). I dispositivi di misurazione sono collocati in un punto in cui i residenti trascorrono regolarmente lunghi periodi di tempo, vicino al divano o al tavolo da pranzo. La posizione esatta viene scelta in modo tale da prevedere una bassa attenuazione per le sorgenti esterne (ad esempio, una chiara visione delle antenne dei telefoni cellulari o una distanza minima dalle linee ad alta tensione).
- Misurazione mobile: camminare all'interno dell'appartamento per 10 minuti con un intervallo di misurazione di 6 s. Gli strumenti di misura sono fissati a un supporto a spalla non conduttivo ("spot-area"). La misurazione mobile viene effettuata contemporaneamente alla misurazione stazionaria. Il tempo di registrazione è distribuito uniformemente sulle stanze esistenti.
- Misurazione di lunga durata: misurazione stazionaria durante 24 ore con intervallo di misurazione di 10 s nella camera da letto vicino al letto all'altezza del letto ("spot-long").

Il setup per le misure spot è mostrato nella Figura 3. Per tutte le misure parziali, vengono utilizzati in parallelo un ExpoM-ELF e un ExpoM-RF (con l'impostazione della sensibilità di 6 V/m). Prima o tra una misurazione e l'altra, le informazioni sul luogo di misurazione e sulle condizioni ambientali vengono registrate elettronicamente come metadati utilizzando un'applicazione per smartphone, cfr. Tabella 42 in appendice. Il telefono cellulare del tecnico di misura è in modalità di volo durante l'intera misurazione.



Figura 3 : Figura dell'impostazione della misurazione per "spot-local" (a sinistra), "spot-area" (al centro) e "spot-24h" (a destra)

### 2°3.3 Misure continue stazionarie

Per le misurazioni continue stazionarie, un ExpoM-RF viene installato all'aperto in una custodia di plastica resistente alle intemperie e collegato a un minicomputer tramite un cavo USB. Il minicomputer controlla la lettura dei dati. Un'elettronica appositamente progettata passa dalla lettura dei dati alla ricarica dell'ExpoM-RF. Le bande a bassa frequenza non vengono registrate perché l'andamento temporale di queste intensità di campo e i flussi di corrente nelle reti o nelle linee aeree sono accoppiati e quindi seguono schemi noti o sono registrati dagli operatori. Le misure continue stazionarie registrano i valori misurati per 12 ore a intervalli di 10 secondi. Al termine del periodo di 12 ore, i dati vengono letti, il che comporta un'interruzione della registrazione dei dati di circa 1 minuto.

Il fissaggio della custodia è realizzato, per quanto possibile, con materiali non conduttivi. I minicomputer sono collegati a Internet per trasferire periodicamente i dati di misura al database. L'accesso a Internet avviene, per quanto possibile, via cavo. Dove non è possibile, si utilizzano modem mobili Wi-Fi o 4G. Poiché le misurazioni dell'intensità di campo sono selettive in frequenza, le emissioni che si verificano durante la trasmissione dei dati del dispositivo di misurazione possono essere mascherate nella valutazione (bande Wi-Fi o uplink).

## 2.4 Selezione dei siti di misura

Questo capitolo riassume le procedure di selezione dei siti di misurazione per i tre metodi di misurazione: 1. misurazioni sui percorsi, 2. misurazioni spot o residenziali, 3. misurazioni continue stazionarie.

### 2e4.1 Rappresentatività dei dati di misurazione sui percorsi

Figura 4 mostra la distribuzione dei 300 microambienti misurati in tutta la Svizzera tra il 2021 e il 2023.

Panoramica delle misure di percorso (Stato: maggio 2023)

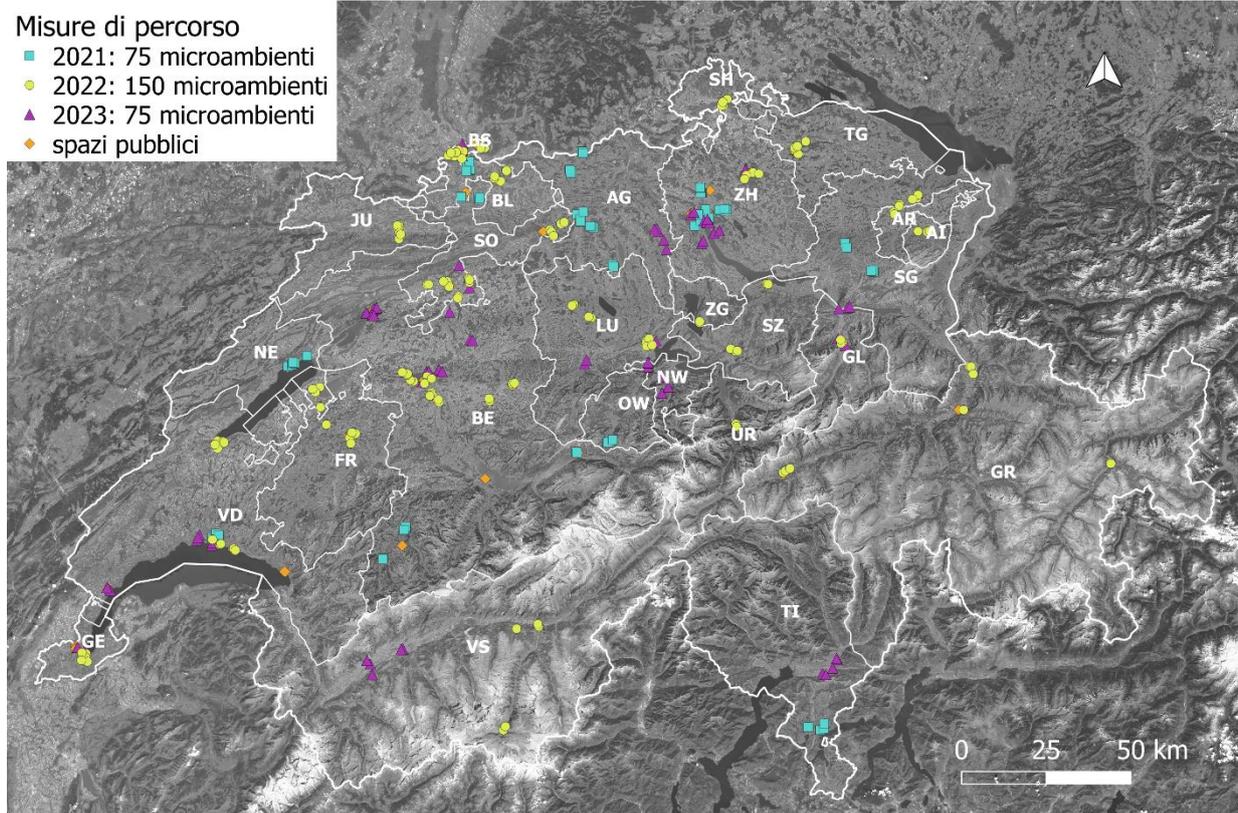


Figura 4: Mappa dei luoghi di misurazione dei percorsi (2021-2023). In questo rapporto vengono analizzati i dati di 150 microambienti del 2022 (punti gialli). Le misurazioni su percorsi per il 2021 (quadrati blu) sono state pubblicate nel rapporto annuale del 2021, mentre le misurazioni su percorsi per il 2023 (triangoli viola) sono pubblicate nel rapporto annuale del 2023. Le misure spot sono state definite per lo più all'interno di questi microambienti. Fonte della mappa: Mappa di sfondo - Swisstopo, <https://wmts.geo.admin.ch>.

La rappresentatività dei 300 microambienti in relazione alla popolazione svizzera esposta a sorgenti NIR è mostrata in Tabella 5. La percentuale della popolazione svizzera che vive entro un determinato raggio da una sorgente NIR è confrontata con la percentuale della popolazione che vive nei microambienti entro un determinato raggio da una sorgente NIR. Tabella 5 a confronto. Il nostro campione di 300 microambienti è sovrarappresentativo in termini di esposizione della popolazione alle antenne di telefonia mobile (39,2% nei 300 microambienti contro il 13,7% in Svizzera), poiché le città urbane sono state intenzionalmente campionate in misura maggiore. Le altre fonti NIR sono rappresentate in modo uniforme, così come tutti i cantoni, le regioni linguistiche e le tipologie di comuni. [3] con piccole differenze.

Tabella 5: Panoramica della percentuale di popolazione che vive in prossimità delle principali fonti NIR in Svizzera rispetto alla popolazione che vive nelle stesse fonti NIR nei 300 microambienti selezionati. (Stato: aprile 2023).

Fonti NIR	Numero di persone che vivono vicino a una sorgente NIR	[%]	Numero di persone che vivono vicino a una sorgente NIR	[%]
	In Svizzera		Nei 300 microambienti	
Antenna di telefonia mobile (raggio compreso tra 20 m e 150 m)	1175841	13.7	108724	39.2

Stazioni radiotelevisive (raggio compreso tra 200 m e 2 km)	23059	0.3	3238	1.2
Linea ad alta tensione 36-150 kV (raggio di 100 m)	166568	1.9	3997	1.4
Linea ad alta tensione 200 o 380kV (raggio di 200 m)	171524	2.0	4343	1.6
Linea ferroviaria/treno (raggio da 20 m a 100 m)	828987	9.6	31619	11.4

Per le misurazioni nelle aree pubbliche, si è tenuto conto, ove possibile, del modello comportamentale abituale della popolazione. Ad esempio, le misurazioni sono state effettuate nei ristoranti durante il "picco di mezzogiorno" (telefonia mobile, alimentazione) e possono quindi essere considerate rappresentative. Non rappresentativo, invece, è l'arrivo preferito con i mezzi pubblici e quindi la permanenza in aree pubbliche (ad esempio ristoranti) vicino alle stazioni ferroviarie. In questi ambienti di misurazione, è probabile che la quota del campo magnetico della corrente ferroviaria sia sproporzionatamente forte. Si può quindi supporre che l'esposizione in questi luoghi pubblici sia in qualche modo sovrastimata.

#### 2.4.2 Misure su percorsi nel 2022

Questo rapporto riporta i dati delle indagini sui percorsi condotte nel 2022, che hanno riguardato 150 microambienti (su un totale di 300 tra il 2021 e il 2023). La distribuzione di questi 150 microambienti è mostrata in Figura 4 in giallo. Nel 2022 sono state condotte quattro campagne di misurazione dei percorsi:

1. 26 gennaio - 15 febbraio 2022
2. 26 aprile - 18 maggio 2022
3. 27 luglio - 12 agosto 2022
4. 25 ottobre - 14 novembre 2022

Ogni campagna di misurazione consiste in 7-8 giorni di misurazione, durante i quali le misure vengono effettuate durante il giorno dal lunedì al venerdì (esclusi i giorni festivi). Le misurazioni sono state effettuate ciascuna tra le 07:00 e le 20:20. Nel 2022 sono stati misurati 150 microambienti, 90 aree pubbliche e numerosi mezzi di trasporto pubblico.

I 150 microambienti sono stati raggruppati in 11 tipologie di microambiente: 10 centri urbani, 10 aree residenziali urbane centrali, 18 aree residenziali urbane decentrate, 21 centri urbani suburbani, 29 aree residenziali suburbane, 13 centri urbani rurali, 19 aree residenziali rurali, 14 aree industriali, 4 aree sportive/ricreative, 9 aree agricole e 3 aree naturali. Nel rapporto annuale 2021 [2] due microambienti sono stati designati come "centro urbano" e "area residenziale". Nel presente rapporto annuale, questi microambienti sono suddivisi in due categorie: "centro urbano suburbano" e "area residenziale rurale". La definizione dei microambienti è riportata in Tabella 6. Il numero di microambienti e di aree pubbliche per comune è riportato nella Tabella 12 e Tabella 13 rispettivamente.

Tabella 6: Definizione, dimensione del campione e descrizione degli 11 tipi di microambiente nel 2022.

Microambiente	Numero (N)	Descrizione
centro urbano	10	Grandi centri urbani, tipicamente in centri urbani con altezze degli edifici elevate (>4 piani)

Microambiente	Numero (N)	Descrizione
area urbana centrale residenziale	10	vicino a un centro urbano con strutture edilizie strette e altezze elevate (> 4 piani)
area residenziale urbana decentrata	18	ai margini di una grande città, con una percentuale di spazi verdi più elevata rispetto al centro e un'altezza media degli edifici (2-3 piani)
centro città periferico	21	Centro suburbano, con negozi e ristoranti, con altezza degli edifici di 3-4 piani.
area residenziale suburbana	29	Area residenziale suburbana prevalentemente costituita da appartamenti o case con appartamenti
centro urbano rurale	13	Centro del paese, con negozi e ristoranti, con altezze degli edifici di 2-3 piani.
area residenziale rurale	19	Area residenziale suburbana e rurale, prevalentemente costituita da appartamenti o case
Area industriale	14	Edifici commerciali o produttivi, indipendentemente dalla tipologia urbana
Area sportiva/ricreativa	4	Parchi urbani e campi sportivi nelle città
regione agricola	9	Aree coltivate come campi o vigneti
Riserva naturale	3	Foreste, prati o riserve naturali

Allo stesso modo, abbiamo raggruppato le aree pubbliche in 8 tipi di ambienti di misurazione: 29 stazioni ferroviarie, 23 fermate dell'autobus, 5 fermate del tram, 11 supermercati, 19 ristoranti, 6 università (ETH, UNI, FH), 5 scuole (due elementari, due medie e un ginnasio) e 1 biblioteca.

Un'ulteriore analisi viene effettuata sui treni, analizzando l'esposizione in base all'occupazione del treno. Nelle misurazioni sui treni, l'occupazione è stata valutata come alta, media o bassa. L'occupazione è definita dal numero di sedili occupati intorno alla persona che misura durante la misurazione. L'occupazione alta, media e bassa corrisponde rispettivamente al 75-100%, al 25-75% e allo 0-25% dei posti occupati.

Un'ulteriore analisi sarà condotta nelle scuole. Durante l'intero progetto (2021-2025), almeno 9 scuole saranno misurate e ripetute dopo 2 anni. Nel 2022, le misurazioni sono state effettuate in 5 scuole (due primarie, due secondarie e un ginnasio). In ogni scuola, almeno tre diverse situazioni di misurazione sono state rilevate per 10-15 minuti durante l'orario scolastico:

- Nel parco giochi al di fuori dell'intervallo senza gli studenti
- Nel parco giochi durante l'intervallo con gli studenti
- Nei corridoi

Le misurazioni non vengono effettuate nelle aule per non disturbare le attività scolastiche. Ci sono poche ragioni per credere che l'esposizione in classe sia significativamente diversa da quella nel corridoio. Inoltre, altri studi in corso riguardano la misurazione dell'esposizione personale degli studenti (ad esempio, "Effects of mobile phone base station and radio transmitter immissions on adolescents' well-being, behaviour and cognitive abilities: prospective cohort study with embedded panel study"). [4]).

### 2°4.3 Misure spot residenziali

Per una selezione rappresentativa delle misurazioni nelle abitazioni private, in linea di principio sarebbe auspicabile un campione casuale. Tuttavia, ciò comporterebbe lo svantaggio che, con un numero relativamente ridotto di abitazioni selezionate, non si verificherebbero situazioni con un'esposizione elevata, che sono rare. Per questo motivo, nella selezione viene utilizzata una doppia strategia. Per garantire che vengano registrate esposizioni elevate da diversi tipi di sorgenti NIR, viene effettuata una ricerca mirata delle abitazioni in cui ci si aspetta un'intensità di campo superiore alla media da questa sorgente "primaria" a causa della vicinanza spaziale a una sorgente NIR (ad esempio, vicino a una linea ferroviaria). Per quanto riguarda le altre sorgenti NIR "secondarie", invece, l'abitazione corrispondente viene selezionata in modo quasi casuale. Si può quindi ipotizzare che la dimensione del campione totale dei luoghi di misurazione spot rispetto alle sorgenti NIR secondarie esterne sia approssimativamente distribuita in modo rappresentativo per l'esposizione della popolazione residenziale nei microambienti con misurazioni spot. Nella selezione dei siti, sono stati presi in considerazione i seguenti criteri, ove possibile:

- La posizione è nel microambiente
- Entro una certa distanza dalla fonte primaria selezionata
- Almeno un sito in ogni cantone
- Considerazione di diverse tipologie di case

I singoli siti sono stati selezionati specificamente in relazione alle seguenti situazioni di fonti NIR:

Tabella 7: Distribuzione dei siti selezionati rispetto a una fonte NIR primaria che si sospetta abbia un'influenza sulla situazione dell'esposizione.

Fonte primaria	Sottotipi (ad es. potenza di trasmissione/ten- sione)	Distanza [m]	Numero previsto fino al 2025	Numero misurato *)
Radio mobile	Radio mobile	50-150	32	11
Radio/TV	Fino a 10 kW	100	5	0
	Da >10 a 50 kW	500	3	0
	Da 50 a 200 kW	2'000	3	1
Potenza	Linee ad altissima tensione 220/380 kV	200	7	4
	Linee ad alta tensione 36-150kV	100	7	1
	Linee ad alta tensione 1-36kV	50	5	0
	Linee a bassa tensione 240/400V	20	3	0
	Sottostazioni	200	2	0
	Stazioni di trasformazione	20	3	1
Ferrovia	Binario unico	50	7	3
	Binario doppio	100	11	3
	Tunnel con binario unico	50	3	1
	Tunnel con doppio binario	100	4	0
	Tram	20	5	1
<b>Totale</b>			<b>100</b>	<b>26</b>

\*) \*totale fino al 1° trimestre 2023 incluso

Per ogni località vengono definiti da tre a cinque edifici e si prendono contatti con i proprietari. Il motivo è che non tutti i proprietari possono essere raggiunti o vogliono consentire le misurazioni nei loro appartamenti. Per circa 20 punti di misurazione nei condomini, si prevede di misurare su due piani ciascuno. In

questo modo si otterrà un totale di circa 120 misurazioni spot in 100 punti entro la fine del 2025. Alla fine di marzo 2023, erano state effettuate 31 misurazioni SPOT in 26 località.

Le informazioni sul tipo di abitazione sono tratte dal Registro degli Edifici e delle Abitazioni (GWR) dell'Ufficio Federale di Statistica (UST), basato sulla categoria dell'edificio (GKAT; contiene informazioni sull'uso residenziale) e sulla classe dell'edificio (GKLAS; contiene informazioni sulla classificazione dell'edificio):

- Casa monofamiliare: edificio residenziale con un appartamento
- Edificio residenziale: edificio residenziale con due o più appartamenti.
- Uso parzialmente residenziale: edifici residenziali con due o più appartamenti che contengono anche locali commerciali secondo il GWR.
- Casa colonica: edificio agricolo con uso residenziale

Figura 5 mostra il numero di misurazioni suddivise per tipo di abitazione per le misurazioni già effettuate (verde), nonché il numero totale di misurazioni previste in ciascun caso per ottenere un campione rappresentativo della situazione abitativa della popolazione svizzera (arancione):

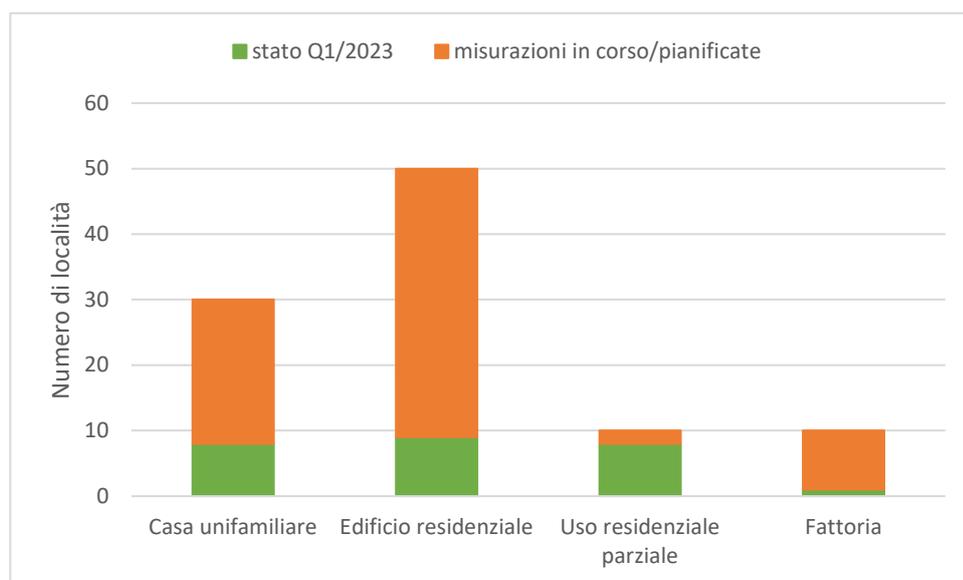


Figura 5: Distribuzione dei punti di misurazione spot per tipo di edificio e stato della misurazione: già effettuata (verde), in corso o pianificata (arancione)

### Panoramica delle misure spot (Stato: maggio 2023)

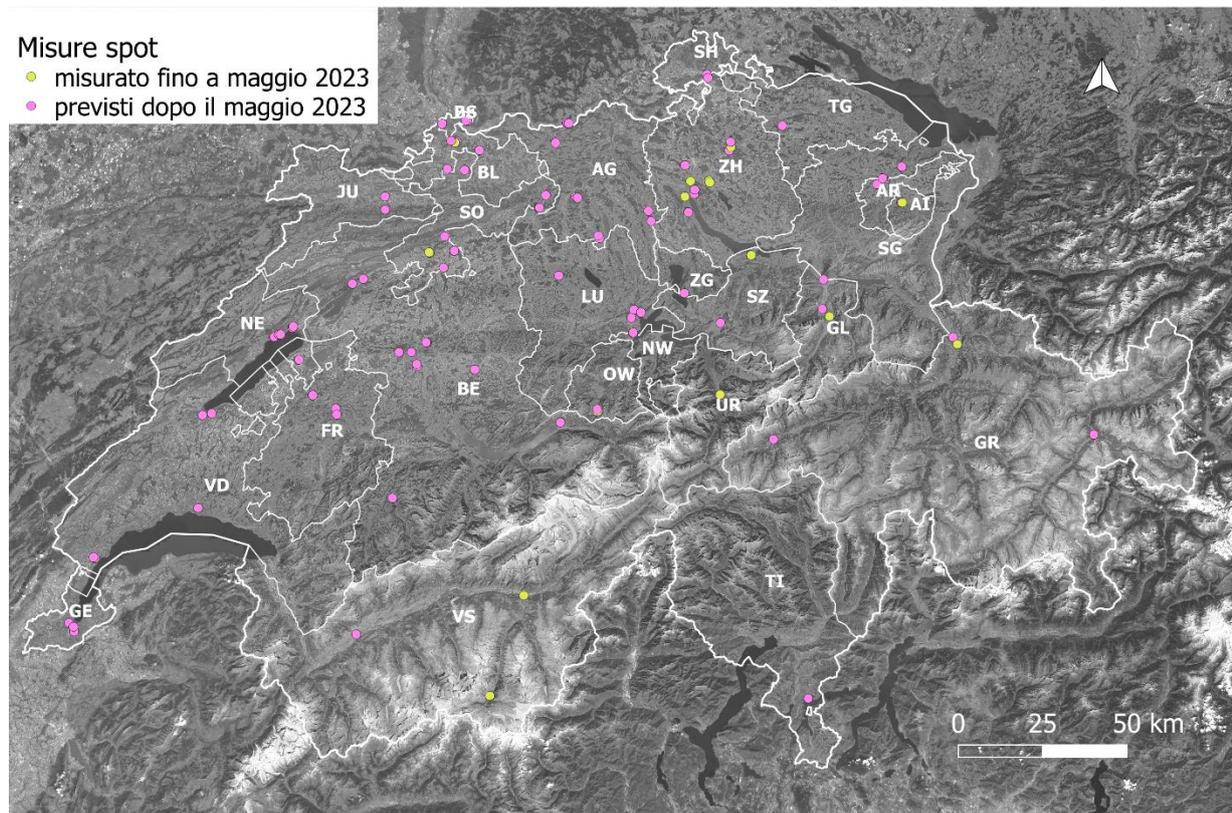


Figura 6: La distribuzione dei 100 siti di misurazione spot misurati tra il 2021 e il 2025 in tutta la Svizzera, con i siti misurati prima del 2023 indicati in giallo e quelli misurati dopo il 2023 in rosa. Informazioni dettagliate sull'ubicazione e sul tipo di edificio dei dati disponibili fino al momento della valutazione sono riportate nella tabella 41. Tabella 41 in appendice. Fonte della mappa: Mappa di sfondo - Swisstopo, <https://wmts.geo.admin.ch>.

#### 2°4.4 Misure continue stazionarie

Le misure permanenti stazionarie vengono effettuate in siti aziendali selezionati del consorzio del progetto per poter garantire la sicurezza (danni, accessibilità, effetti delle interferenze) e la manutenzione (infrastrutture, alimentazione, connessione internet). I siti sono stati selezionati in base alle fonti di radiofrequenze presenti nelle loro vicinanze e alla tipologia della comunità. I punti di misura in cui vengono effettuate le misurazioni continue stazionarie sono mostrati in Tabella 8 e in Figura 7. Oltre alle diverse tipologie di comunità, sono presenti anche diverse situazioni di sorgenti: i siti di Deitingen e Aarau sono caratterizzati da molte sorgenti RF nelle vicinanze, mentre i siti di Allschwil e Zurigo si trovano nell'area di influenza di antenne TV/radio ad alta potenza. Nei siti di Allschwil, Zurigo e Aarau, aree pubbliche e OMEN sono nelle immediate vicinanze. Inoltre, i cinque siti sono situati sia in aree ad altissima densità di popolazione sia in aree scarsamente popolate.

Tutte e cinque le stazioni di misura sono operative dal 1° gennaio 2023 e registrano continuamente le immissioni di radiofrequenze.

### Panoramica delle misure permanenti stazionarie

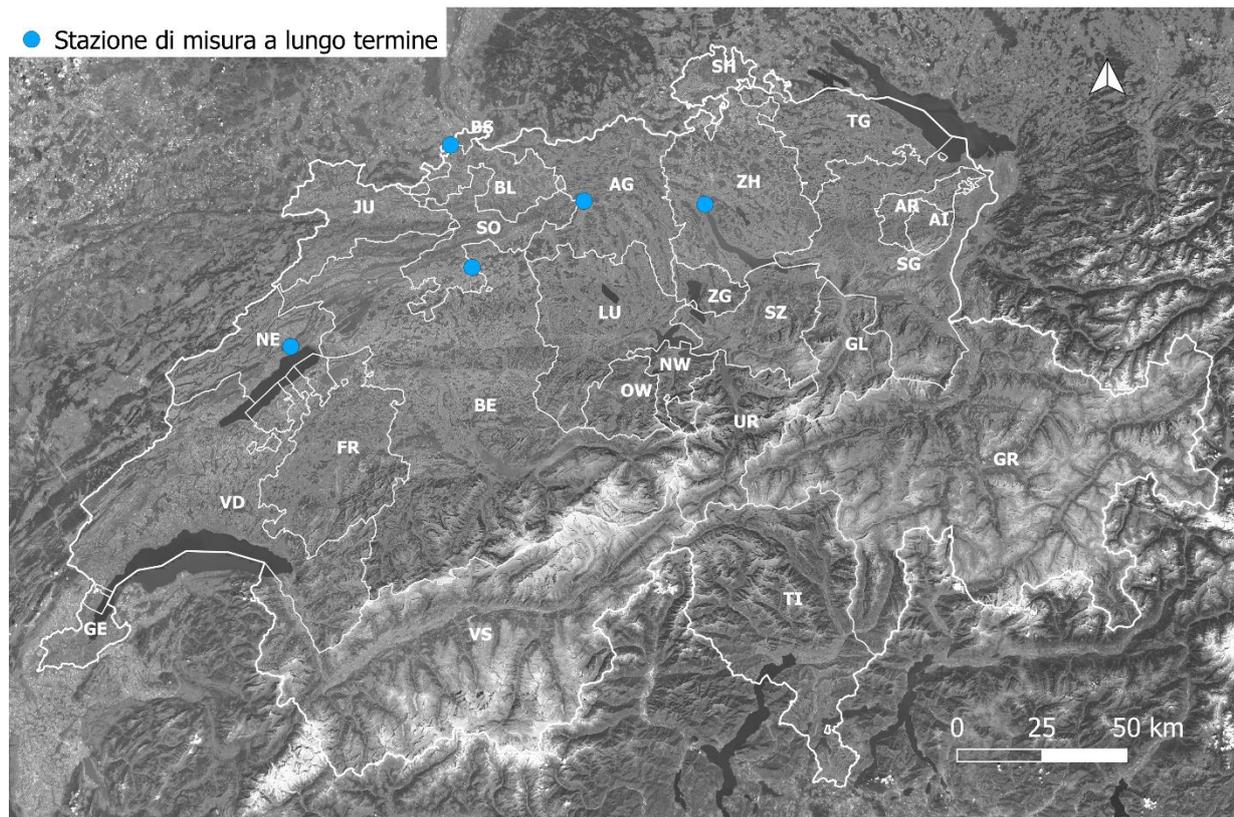


Figura 7: Mappa della Svizzera con i 5 siti di misurazione (punti blu) per le misurazioni continue stazionarie. Fonte mappa di sfondo: Swisstopo, <https://wmts.geo.admin.ch>

Tabella 8: Località per le misurazioni continue stazionarie.

Luogo di misurazione	Indirizzo	Dispositivo di misurazione della posizione	Tipologia di comunità
-Fields at Work Edificio ET del Centro ETH	Gloriastrasse 35 8092 Zurigo	Sul tetto	Centro urbano
Svizzera TPH - Belo Horizonte	Kreuzstrasse 2 4123 Allschwil	Sul tetto	Area industriale
G+P - Aarau	Entfelderstrasse 45 5000 Aarau	Sul tetto	Area residenziale urbana centrale
G+P - Deitingen	Schachenstrasse 5 4543 Deitingen	Terrazza sul tetto	Area residenziale urbana decentrata
G+P - Neuchâtel	Avenue du Peyrou 8 2000 Neuchâtel	Terrazza sul tetto	Area residenziale urbana centrale

## 2°5 Gestione dei dati

### 2°5.1 File di misura e database

I dati grezzi generati dalle misurazioni possono essere suddivisi in due categorie: Dati di misura e metadati. I dati di misura sono registrati a livello di punto di misura e contengono i valori di misura LF e HF. I metadati descrivono le caratteristiche della misura, come ad esempio le informazioni sul dispositivo di misura o sulla posizione della misura, e sono raccolti a livello di misura. Per mappare questo aspetto e consentire l'aggregazione dei dati, oltre alle necessarie operazioni di backup, tracciamento e documentazione, i dati vengono gestiti in un database centrale. Come mostrato nella Figura schematicamente, questo è composto da tre livelli:

- Livello 0: memorizzazione dei file grezzi in una directory FTP. Da un lato, questa è l'interfaccia di importazione dei dati di misura generati dai dispositivi di misurazione e di altri metadati compilati, dall'altro serve anche a documentare i dati grezzi originali e invariati ("raw"). In una fase di pre-elaborazione, questi file grezzi vengono preparati per ogni misura (assegnazione alle misure, data e ora, segnale GPS, ecc.) e sono così disponibili ("pro") per la lettura nel Livello 1.
- Livello 1: memorizzazione sintetica e unificata dei dati in tre tabelle (cfr. Figura dataElf", "dataRf" e "metaMeas") di un database MySQL. Dopo il read-in automatico dal livello 0, i dati di misura vengono preparati ed elaborati qui (si veda la sezione 2°5.2). L'elaborazione è affidata a script R esterni. La tracciabilità diretta di tutte le operazioni sui dati è garantita, da un lato, dalla gestione integrata delle versioni e, dall'altro, dalla memorizzazione ridondante (senza sovrascrittura) dei dati generati. Oltre all'elaborazione automatica dei dati, vengono eseguiti test manuali per il controllo della qualità.
- Livello 2: livello di aggregazione del database MySQL. I dati elaborati dal livello 1 vengono filtrati in base alle analisi desiderate e aggregati spazialmente, temporalmente o in base alle categorie, ecc. In questo modo è possibile generare e salvare periodicamente analisi comparative riproducibili.

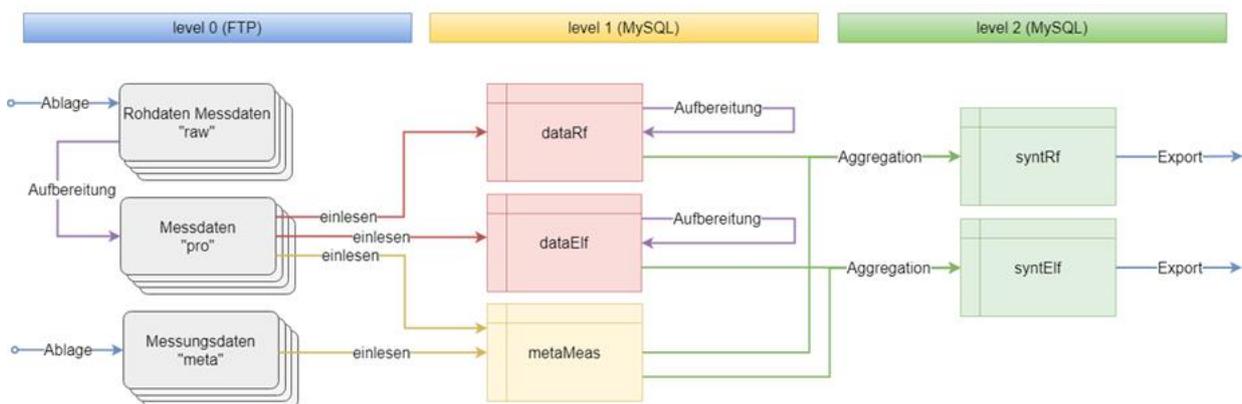


Figura 8 Schema semplificato della struttura del database

### 2°5.2 Preparazione dei dati

La preparazione e l'analisi dei dati delle misurazioni sui percorsi e su spot sono sostanzialmente identiche. Per le misurazioni sui percorsi, il protocollo delle attività (cfr. sezione 2.3.1) viene utilizzato per le misurazioni sul posto. 2°3.1), i dati di misurazione vengono assegnati al microambiente corretto e memorizzati

di conseguenza nel database. Nel caso delle misure spot, i dati vengono assegnati alle tre sottomisure in modo analogo. In una prima fase, la plausibilità dei dati viene verificata visivamente e vengono identificati gli errori nel processo di misurazione (come l'aborto del processo di misurazione). Successivamente, vengono eseguite analisi di correlazione in conformità a [5] si corregge la possibile diafonia tra bande di frequenza vicine (per una descrizione dettagliata della correzione della diafonia, si veda il capitolo 2°2.6). Per un'ulteriore analisi dei dati, le bande vengono aggregate in diversi gruppi di frequenza e sommate quadraticamente al loro interno. La definizione dei gruppi di frequenza si basa sulla loro applicazione tecnica o sulla loro origine.

Le bande HF sono state suddivise in sette gruppi. I numeri di queste bande di frequenza funzionali sono elencati in Tabella 2:

- Radiodiffusione: questa categoria include radio, DAB, TV nelle bande di frequenza da 1 a 8.
- uplink radio mobile (emissioni dei terminali): Corrisponde ai numeri di banda 9, 13, 14, 17, 20, 23.
- Radio mobile in downlink (emissioni dalle stazioni base): Corrisponde ai numeri di banda 11, 12, 15, 16, 18, 21, 25.
- Radio mobile TDD: un caso particolare è rappresentato dalle bande di frequenza Time Division Duplexing (TDD) (743-753 MHz, 2570-2615 MHz e 3500-3800 MHz), che vengono utilizzate sia per per l'uplink che per il downlink. Ciò significa che, in base alla frequenza, non è possibile un'allocazione funzionale in uplink e downlink. Si può ipotizzare che per le misurazioni all'aperto (senza telefono cellulare) l'esposizione sia dominata dal downlink, mentre nei trasporti pubblici e nelle aree interne accessibili al pubblico è probabile che anche l'uplink svolga un ruolo importante. Ciò corrisponde ai numeri di banda 10, 24, 26, 27, 28.
- W-LAN: Banda numero 22 e da 29 a 35.
- Telefono cordless (DECT): la banda numero 19.
- Totale CEM-HF<sup>1</sup> ( $E_{res,i}$ ): Somma quadrata di tutte le bande misurate:

$$E_{res,i} = \sqrt{\sum_{f \in \{1, \dots, 35\}} E_{f,i}^2} \quad (1)$$

In base al quale

---

<sup>1</sup> Va detto che questa forma di media è fisicamente corretta solo per i valori effettivi (RMS). Tuttavia, per semplificare la presentazione, di seguito vengono formate anche le somme o le medie dei valori di picco utilizzando la stessa metodologia. Tuttavia, i valori di picco delle diverse frequenze si verificano generalmente in momenti diversi durante un intervallo di misura. Da un lato, ciò significa che la somma dei valori di picco per le diverse frequenze porta a una sovrastima dei valori di picco riportati. D'altra parte, va notato che durante un intervallo di misura di sei secondi, tutte le bande di frequenza vengono scansionate una dopo l'altra. Pertanto, possono sfuggire i picchi a breve termine, il che contribuisce a una sottostima dei valori di picco. La procedura scelta ha il vantaggio di formare una misura robusta che riflette in modo significativo la tipica dinamica temporale tra i valori medi e di picco (il cosiddetto fattore di cresta).

- $E_{f,i}$  rappresenta un valore HF dell'intensità del campo elettrico nel punto  $i$  con un numero di banda di frequenza  $f$ ;
- $E_{res,i}$  indica la risultante dell'intensità del campo elettrico nel punto  $i$ .

Per i campi magnetici a bassa frequenza, viene effettuato il seguente raggruppamento di frequenza (numeri di banda in base a Tabella 3):

- Corrente ferroviaria: la banda principale corrisponde alla banda numero 2 e l'armonica si trova all'interno della banda numero 3. Una banda separata per l'armonica è stata omessa perché la sua ampiezza era trascurabile nelle misure di prova.
- Corrente domestica: la banda principale corrisponde alla banda numero 4 e le armoniche sono le bande numero 6 e 8.
- Corrente di ondulazione del tram (corrente trifase rettificata): la banda principale corrisponde alla banda numero 10 e le armoniche sono le bande numero 12 e 14.
- Totale CM-BF ( $B_{res,i}$ ) corrisponde alla somma quadratica dei tre gruppi di bande precedenti, cioè senza tenere conto delle bande intermedie non specifiche:

$$B_{res,i} = \sqrt{\sum_{f \in \{2,4,6,8,10,12,14\}} B_{f,i}^2} \quad (2)$$

dove

- $B_{f,i}$  rappresenta un valore LF della densità di flusso magnetico nel punto  $i$  con numero di banda di frequenza  $f$ ;
- $B_{res,i}$  indica la risultante della densità di flusso magnetico nel punto  $i$ .

### 2°5.3 Statistiche descrittive

Per le misure RF, l'analisi dei dati viene eseguita sia per i valori RMS che per i valori di picco, e separatamente per ciascuna banda di frequenza funzionale. Per le misurazioni LF, vengono misurati e analizzati i valori RMS. Poiché non è noto quali siano i parametri di esposizione più rilevanti dal punto di vista biologico, viene valutata una serie di possibili misure di esposizione. Tutti i dati sono aggregati per tipo di ambiente di misurazione o fonte primaria e la distribuzione delle misurazioni è mostrata con boxplot per i valori RF (RMS e picco) e AF (RMS). Per i dati aggregati per tipo di ambiente di misura vengono calcolate le seguenti statistiche di sintesi: Minimo, Massimo, percentili diversi (05°, 25°, 50° (mediana), 75°, 95°), media aritmetica e radice quadrata media. La media aritmetica e la radice quadrata media (RMS) per i valori HF e per i valori NF sono calcolate secondo le equazioni (3), (4), (5) e (6).

$$\bar{E} = \frac{1}{n} \sum_i^n E_{res,i} \quad (3)$$

$$E^{RMS} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_i^n E_{res,i}^2} \quad (4)$$

$$\bar{B} = \frac{1}{n} \sum_i^n B_{res,i} \quad (5)$$

$$B^{RMS} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_i^n B_{res,i}^2} \quad (6)$$

dove

- $n$  indica il numero di dati raccolti nell'ambiente di misura;
- $E_{res,i}$  indica la risultante dell'intensità del campo elettrico nel punto  $i$ ;
- $\bar{E}$  è il valore medio aritmetico dell'intensità del campo elettrico nell'ambiente di misura;
- $E^{RMS}$  è il valore quadratico medio dell'intensità del campo elettrico nell'ambiente di misura;
- $B_{res,i}$  rappresenta la risultante della densità di flusso magnetico nel punto  $i$ ;
- $\bar{B}$  è il valore medio aritmetico della densità di flusso magnetico nell'ambiente di misura;
- $B^{RMS}$  è il valore quadratico medio della densità di flusso magnetico nell'ambiente di misura;

Il contributo medio della sorgente per un determinato gruppo di frequenze è determinato come segue:

$$prop_{HF\ Quelle} = \frac{\frac{1}{n} \sum_i^n E_{HF\ Quelle,i}^2}{E^{RMS^2}} \quad (7)$$

$$prop_{NF\ Quelle} = \frac{\frac{1}{n} \sum_i^n B_{NF\ Quelle,i}^2}{B^{RMS^2}} \quad (8)$$

dove

- $n$  indica il numero di dati raccolti nell'ambiente di misura;
- $E^{RMS}$  è il valore quadratico medio dell'intensità del campo elettrico nell'ambiente di misura;
- $E_{HF\ Quelle,i}$  è la risultante dell'intensità del campo elettrico corrispondente al gruppo di frequenze definito nel capitolo 2.4.2 (ad esempio, downlink, uplink, TDD, broadcast, WLAN, DECT);
- $prop_{HF\ Quelle}$  è il contributo medio del gruppo di frequenze RF al campo elettrico totale in un ambiente di misura;
- $B^{RMS}$  è il valore quadratico medio della densità di flusso magnetico nell'ambiente di misura;

- $B_{NF\ Quelle,i}$  indica la risultante della densità di flusso magnetico corrispondente al gruppo di frequenza definito nel capitolo 2.4.2 (ad esempio, corrente ferroviaria, alimentazione, corrente di ripple del tram);
- $prop_{HF\ Quelle}$  è il contributo medio del gruppo di frequenze LF alla densità di flusso magnetico totale in un ambiente di misura;

Oltre alle analisi descrittive per tipo di ambiente di misura/sorgente primaria, per ogni singolo ambiente di misura/sorgente primaria sono stati calcolati anche il valore medio RMS dell'intensità di campo elettrico secondo l'equazione (4) e il valore medio aritmetico della densità di flusso magnetico secondo l'equazione (5). Tra gli N ambienti di misura dello stesso tipo, vengono quindi tracciati il minimo, il massimo e la media aritmetica del valore medio RMS dell'intensità del campo elettrico (9) e la media aritmetica del valore medio della densità di flusso magnetico (10).

$$\overline{E_{ME}} = \frac{1}{N_{tot}} \sum_{N=1}^{N_{tot}} E_N^{RMS} \quad (9)$$

$$\overline{B_{ME}} = \frac{1}{N_{tot}} \sum_{N=1}^{N_{tot}} \overline{B}_N \quad (10)$$

dove

- $N_{tot}$  è il numero di ambienti di misura dello stesso tipo;
- $E_N^{RMS}$  è il valore quadratico medio dell'intensità del campo elettrico nell'ambiente di misura  $N$ ;
- $\overline{E_{ME}}$  è la media aritmetica dei valori  $E_N^{RMS}$  di un tipo di ambiente di misura (ME);
- $\overline{B}_N$  è il valore medio aritmetico della densità di flusso magnetico nell'ambiente di misurazione  $N$ ;
- $\overline{B_{ME}}$  è la media aritmetica dei valori  $\overline{B}_N$  di un tipo di ambiente di misura (ME);

## 3° Risultati

### 3.1 Misure sui percorsi

In questo capitolo vengono analizzate le misure effettuate in 150 microambienti, luoghi pubblici e mezzi di trasporto nel 2022. Per le misure di esposizione a RF e NF viene fornita una panoramica generale che rappresenta tutte le misure effettuate. Per le misurazioni di RF e NF viene fornita un'analisi più dettagliata di luoghi specifici selezionati (treni per occupazione, scuole). Successivamente, viene effettuato un confronto di tutte le misurazioni con i valori limite di immissione (IGW).

#### 3.1.1 Panoramica generale - Esposizione ad HF

Figura 9 e Figura 10 mostrano la distribuzione dei valori RMS e dei valori di picco per tipo di ambiente di misura come boxplot sul lato sinistro. Sul lato destro, i contributi medi relativi delle sei sorgenti RF sono colorati: Downlink (arancione), uplink (blu scuro), Time Division Duplex TDD (viola), radiodiffusione (verde), WLAN (azzurro), DECT (rosso).

Nei microambienti, i valori mediani più elevati sono stati misurati nelle aree industriali (RMS: 0.29 V/m, picco: 1,71 V/m), seguite dai centri urbani (RMS: 0.24 V/m, picco: 1,21 V/m) e dalle aree urbane residenziali centrali (RMS: 0.20 V/m, picco: 1,10 V/m). I valori mediani diminuiscono con il diminuire dell'urbanizzazione. I valori mediani più bassi sono stati misurati nei centri urbani rurali (RMS: 0.08 V/m, picco: 0.30 V/m) e nelle aree naturali (RMS: 0.07 V/m, picco: 0.22 V/m). Nelle aree pubbliche, i valori mediani sono più alti alle fermate del tram (RMS: 0.38 V/m, picco: 1,96 V/m) e alle fermate degli autobus (RMS: 0.35 V/m, picco: 1,83 V/m), in parte perché si tratta di luoghi all'aperto. I valori mediani nei supermercati (RMS: 0.06 V/m, picco: 0.46 V/m) e nelle biblioteche (RMS: 0.05 V/m, picco: 0.23 V/m), invece, sono relativamente bassi perché si trovano al chiuso. Per quanto riguarda il trasporto pubblico, i valori mediani RMS e di picco in metropolitana, tram e treni sono simili (RMS: 0.24-0.29 V/m, picco: 1,50-1,58 V/m).

Il downlink rappresenta la quota maggiore di sorgenti CEM-HF nella maggior parte dei tipi di ambienti di misura (RMS: 39-96%, picco: 62-94%). L'uplink ha un contributo relativamente elevato nella metropolitana (RMS: 67%, picco: 67%) e nei treni (RMS: 35%, picco: 29%). Il contributo della WLAN è stato massimo nella metropolitana (RMS: 22%, picco: 24%) e nella biblioteca (RMS: 23%, picco: 89%), con proporzioni ancora più elevate nei valori di picco della biblioteca. Il Time Division Duplex (TDD), nel contesto del 5G, ha generalmente un contributo relativamente basso in tutti i microambienti. Il contributo TDD più elevato è stato riscontrato in autobus, tram e treni (RMS: <6%, picco: 19-27%), mentre la proporzione è più alta per i valori di picco, riflettendo la maggiore dinamica della tecnologia mobile 5G. I telefoni DECT (cordless) sono trascurabili (<1%) in tutti gli ambienti di misurazione, tranne che nei centri urbani (RMS: 12%, picco: 0%) e nei supermercati (RMS: 11%, picco: 10%). La radiodiffusione, principalmente la radiodiffusione audio digitale (DAB) e la modulazione di frequenza (FM), domina nei centri urbani rurali (RMS: 48%, picco: 26%) - ma qui a causa del basso contributo dell'esposizione al downlink - e nelle aree agricole (RMS: 97%, picco: 95%). L'elevato contributo della radiodiffusione nelle aree agricole è dovuto alle aree con un'elevata esposizione alla radiodiffusione, descritte più dettagliatamente alla fine di questo capitolo.

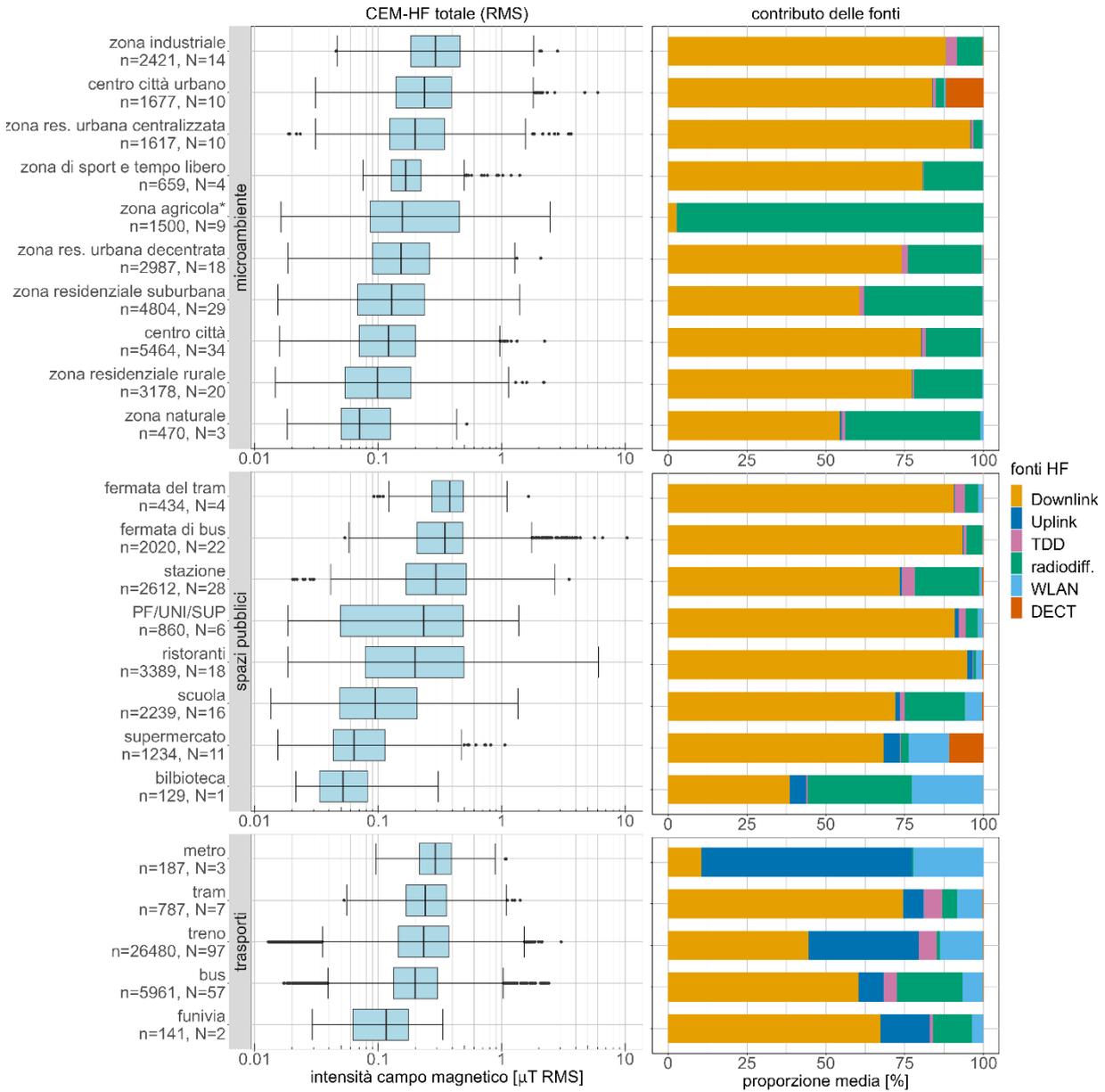


Figura 9: A sinistra: Distribuzione dei valori CEM-HF RMS in 2022 per tipo di ambiente di misura. La linea centrale, le caselle, i "whisker" e i punti indicano rispettivamente la mediana, il 25° e il 75° percentile, 1,5 volte l'intervallo interquartile ( $1,5 \cdot IQR$ ) e gli outlier. A destra: il contributo medio delle sorgenti per ogni tipo di ambiente di misura. Sono stati considerati i seguenti gruppi di bande di frequenza: Downlink, Uplink, Time Division Duplexing (TDD), broadcasting, WLAN e telefoni cordless (DECT). "n" indica il numero di punti dati per tipo di ambiente di misura. "N" indica il numero di ambienti dello stesso tipo. I dati statistici e i contributi delle fonti sono riportati nella tabella 14. Tabella 14rispettivamente. Tabella 15 rispettivamente.

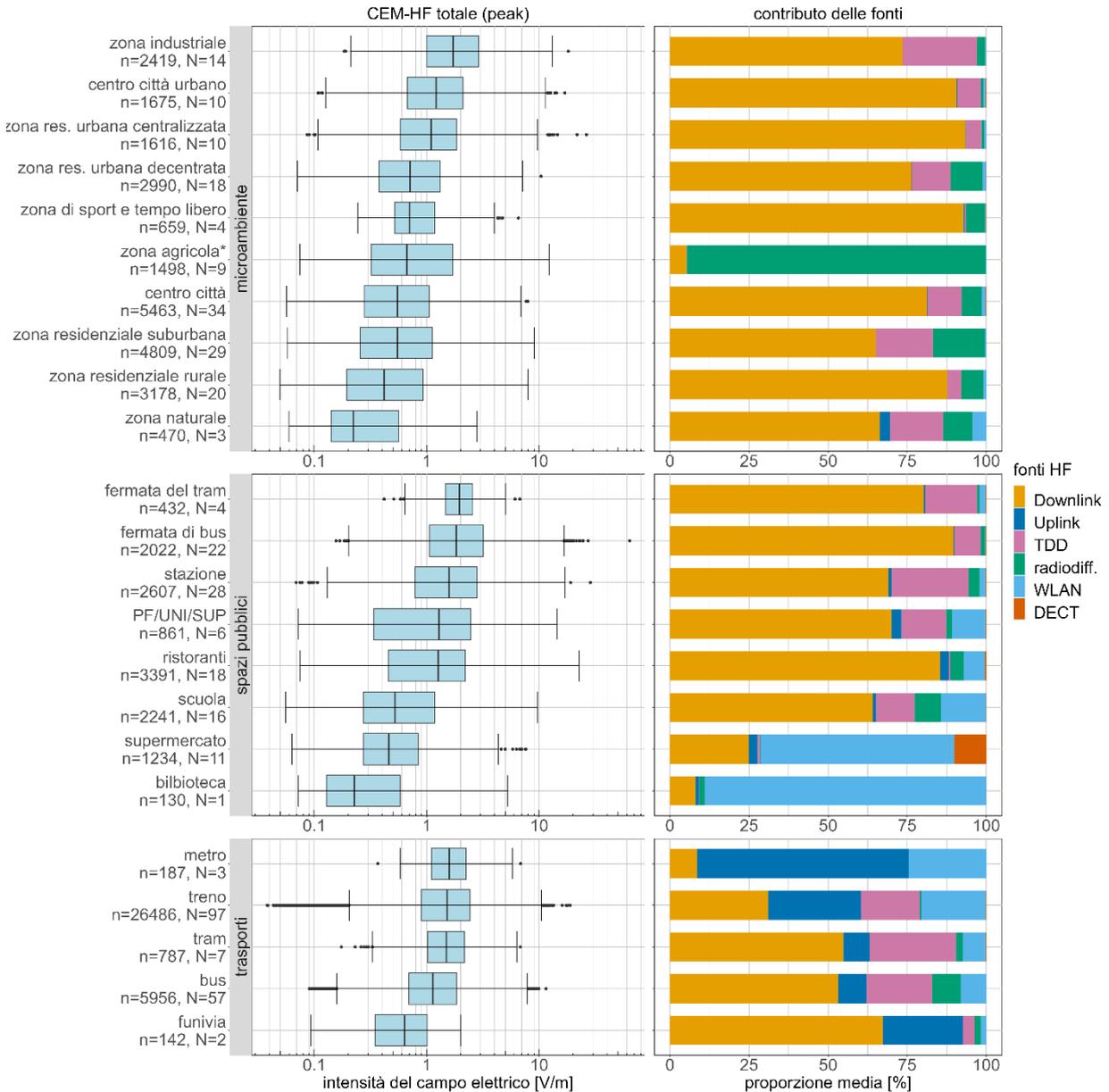


Figura 10: A sinistra: Distribuzione dei valori CEM-HF di picco nel 2022 per tipo di ambiente di misurazione. La linea centrale, le caselle, i "whisker" e i punti indicano rispettivamente la mediana, il 25° e il 75° percentile, 1,5 volte l'intervallo interquartile (1,5\*IQR) e gli outlier. A destra: il contributo medio delle sorgenti per ogni tipo di ambiente di misura. Sono stati considerati i seguenti gruppi di bande di frequenza: Downlink, Uplink, Time Division Duplexing (TDD), broadcasting, WLAN e telefoni cordless (DECT). "n" indica il numero di punti dati per tipo di ambiente di misura. "N" indica il numero di ambienti di misura dello stesso tipo. I dati statistici e i contributi delle fonti sono riportati nella Tabella 16 e Tabella 17 rispettivamente.

Figura 11 e Figura 12 mostrano le distribuzioni dell'esposizione totale alle radiofrequenze per i valori RMS e di picco per tipo di ambiente di misura, rispettivamente. Il minimo (quadrato blu) e il massimo (triangolo rosso) mostrano rispettivamente i valori RMS più bassi e più alti per ogni singolo ambiente di misura. Il valore medio dei valori RMS (diamante nero) è calcolato secondo l'equazione (9).

Nei microambienti, i valori di esposizione media più elevati sono stati misurati nei centri urbani (RMS: 0.46 V/m, picco: 2,52 V/m). L'esposizione media massima è stata rilevata in un'area agricola con un radiotrasmittitore (RMS: 1,26 V/m, picco: 5,71 V/m). Le misurazioni nelle aree agricole sono descritte in dettaglio alla fine di questo capitolo. Nelle aree pubbliche, l'esposizione media più elevata è stata misurata alle fermate degli autobus (RMS: 0.54 V/m, picco: 2,52 V/m). Anche l'esposizione media massima è stata rilevata presso una fermata dell'autobus (RMS: 2,09 V/m, picco: 12,38 V/m). Per quanto riguarda i trasporti pubblici, l'esposizione media è più elevata nelle metropolitane (RMS: 0.37 V/m, picco: 2,02 V/m) e nei treni (RMS: 0.34 V/m, picco: 2,10 V/m). In generale, si può osservare lo stesso andamento dell'esposizione in Figura 9 e in Figura 10 nonostante il metodo di calcolo sia diverso.

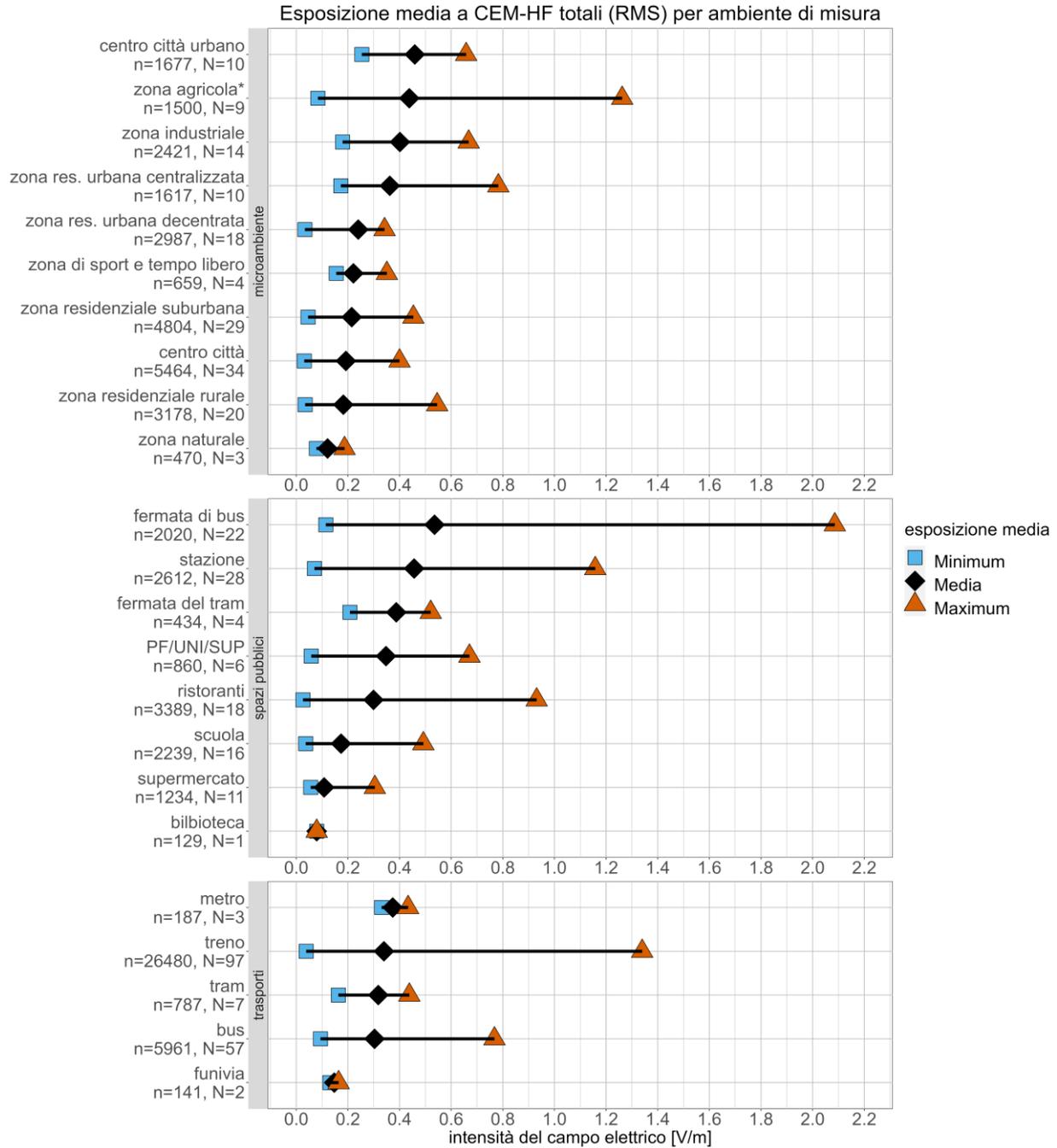


Figura 11: Intervallo dei valori medi delle misure CEM-HF RMS nei diversi ambienti di misura. Il valore medio del valore RMS (diamante nero) è calcolato secondo l'equazione (9). Il minimo (quadrato blu) e il massimo (triangolo rosso) indicano rispettivamente il valore RMS più basso e quello più alto per ogni singolo ambiente di misura. "n" indica il numero di punti dati per tipo di ambiente di misura. "N" indica il numero di ambienti di misura misurati dello stesso tipo. I dati sono riportati nella Tabella 18 elencati.

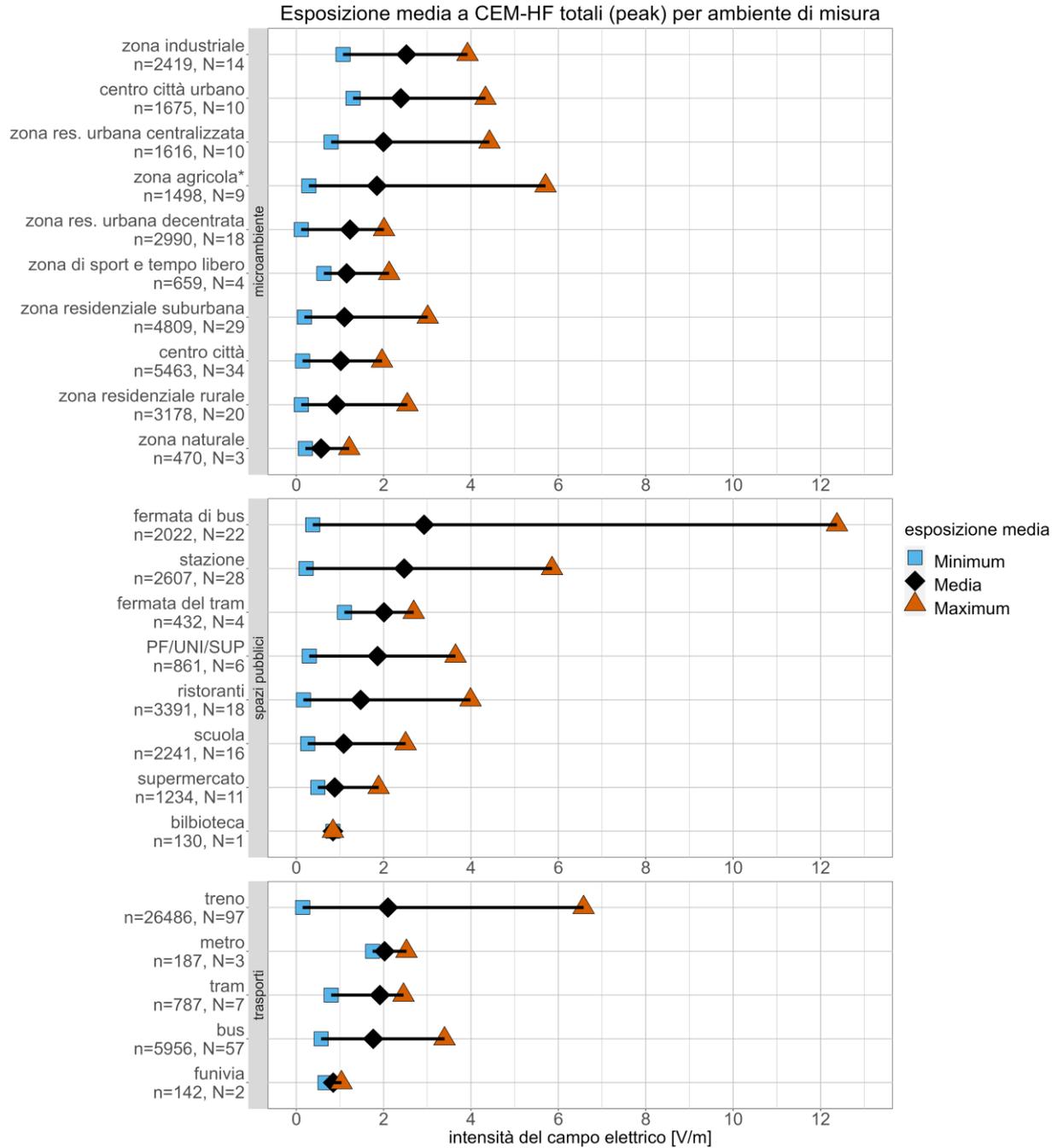


Figura 12: dei valori medi delle misure di picco CEM-HF dei diversi ambienti di misura. Il valore medio del valore RMS (diamante nero) è calcolato secondo l'equazione (9). Il minimo (quadrato blu) e il massimo (triangolo rosso) indicano rispettivamente il valore RMS più basso e quello più alto per ogni singolo ambiente di misura. "n" indica il numero di punti dati per tipo di ambiente di misura. "N" indica il numero di ambienti di misura misurati dello stesso tipo. I dati sono riportati nella Tabella 19.

\*Area agricola: delle nove aree agricole misurate, tre sono state misurate a terra con un radiotrasmettitore di potenza compresa tra 300 W e 181 kW. Nell'appendice, nelle tabelle 20, 21 e 22, queste tre aree sono state distinte dalle sei aree agricole senza trasmettitore radio. Tutti i valori statistici sono da due a otto volte superiori per le aree agricole con un trasmettitore radio rispetto a quelle senza antenna. Ad esempio, il valore mediano (RMS) per le aree agricole senza radiotrasmettitore è di 0.11 V/m e per le aree agricole con radiotrasmettitore di 0.79 V/m (Tabella 20). Il contributo alla trasmissione (RMS) nelle aree agricole senza antenna è del 42%, o del 100% con l'antenna (Tabella 21). L'esposizione media nelle aree agricole senza radiotrasmettitore è stata anche sei volte inferiore rispetto a quella sul terreno con radiotrasmettitore, con 0.15 V/m e 1,07 V/m rispettivamente (Tabella 22).

### 3°1.2 Panoramica generale - Esposizione a NF

Figura 13 mostra a sinistra, sotto forma di boxplot, la distribuzione dei valori RMS per tipo di ambiente di misura. Sul lato destro, sono colorati i contributi medi relativi delle tre principali sorgenti di radiazioni a bassa frequenza: Corrente ferroviaria (giallo), alimentazione (rosa) e corrente di ripple del tram (viola).

Nei microambienti, i valori mediani più elevati sono stati misurati nei centri urbani (0.19  $\mu$ T), seguiti dalle aree urbane residenziali centrali (0.18  $\mu$ T) e dalle aree industriali (0.14  $\mu$ T). I valori mediani tendono a diminuire con il diminuire dell'urbanizzazione. I valori mediani più bassi sono stati misurati nelle aree agricole e nelle aree sportive/ricreative (0.03  $\mu$ T). Nelle aree pubbliche, i valori mediani sono più alti nelle stazioni ferroviarie (0.39  $\mu$ T) e nelle fermate dei tram (0.20  $\mu$ T), mentre i valori mediani sono relativamente bassi nelle biblioteche e nelle scuole (0.03  $\mu$ T). Per quanto riguarda i trasporti pubblici, i valori mediani sono più alti sui treni (0.44  $\mu$ T).

Il contributo della fornitura di energia elettrica è dominante in tutti i microambienti (60-93%), ad eccezione delle aree naturali (8%). Il contributo della corrente ferroviaria è maggiore nei treni (100%) e nelle stazioni (99%) a causa della loro vicinanza alle linee elettriche ferroviarie. Il contributo della corrente di ondula-zione dei tram è del 28% nei tram e del 41% alle fermate dei tram.

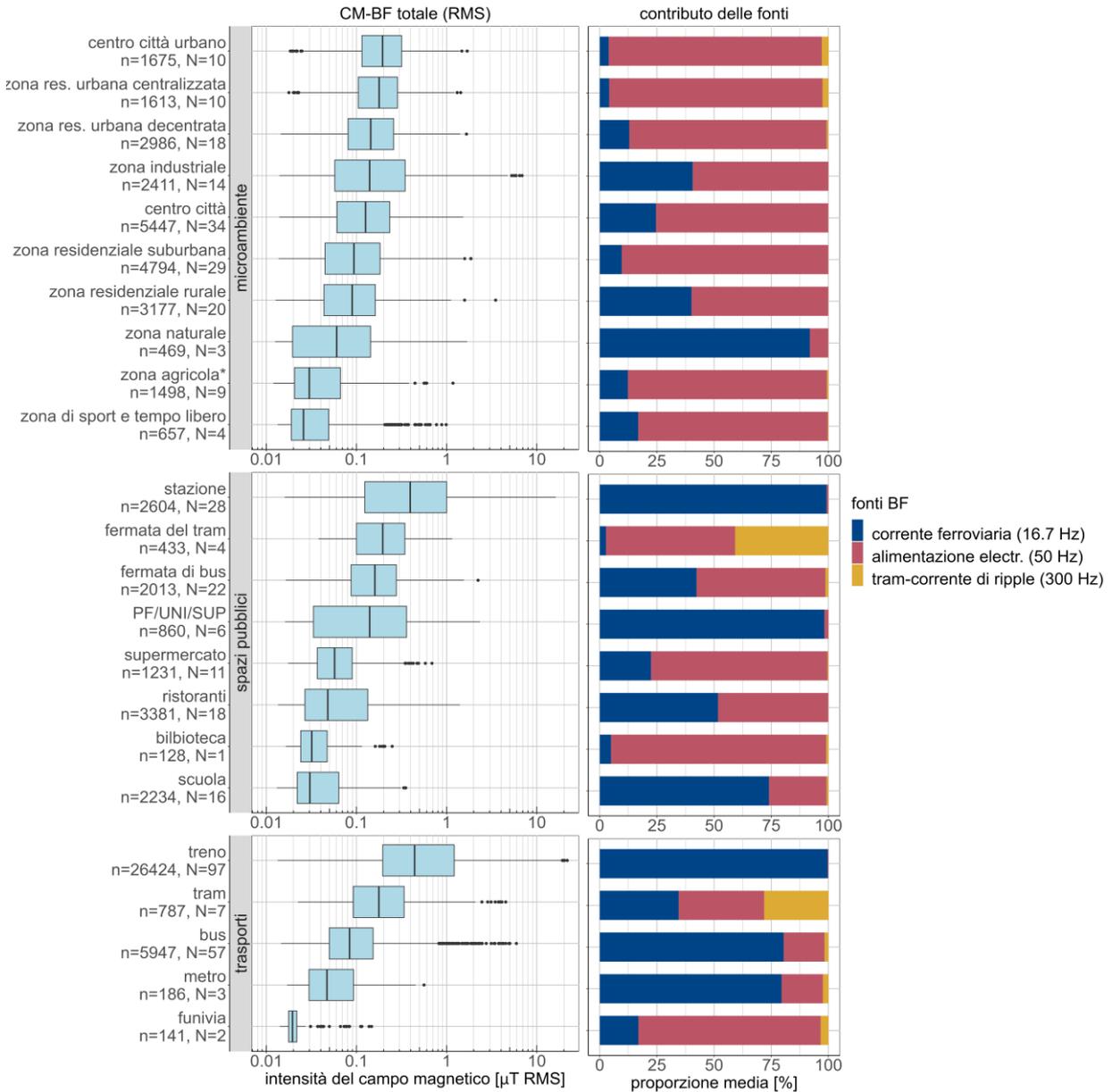


Figura 13: A sinistra: Distribuzione dei valori CM-BF nel 2022 per tipo di ambiente di misura. La linea centrale, le caselle, i "whisker" e i punti indicano rispettivamente la mediana, il 25° e il 75° percentile, 1,5 volte l'intervallo interquartile ( $1,5 \cdot \text{IQR}$ ) e gli outlier. A destra: il contributo medio delle sorgenti per ogni tipo di ambiente di misura. Sono stati considerati i seguenti gruppi di bande di frequenza: Corrente ferroviaria (16,7 Hz), Alimentazione elettrica (50 Hz) e Corrente di ondulazione del tram (300 Hz) con le rispettive armoniche. "n" indica il numero di punti dati per tipo di ambiente di misura. "N" indica il numero di ambienti di misura misurati dello stesso tipo. I dati statistici e i contributi delle sorgenti sono riportati in Tabella 23 e Tabella 24 rispettivamente.

Figura 14 mostra le distribuzioni dell'esposizione media dell'esposizione totale LF per tipo di ambiente di misura. Il minimo (quadrato blu) e il massimo (triangolo rosso) mostrano rispettivamente il valore medio più basso e quello più alto per ogni singolo ambiente di misura. La media dei valori medi (diamante nero) è calcolata secondo l'equazione (10).

Nei microambienti, l'esposizione media è stata misurata nelle aree industriali ( $0,34 \mu\text{T}$ ). L'esposizione media massima è stata rilevata anche in un'area industriale ( $1,48 \mu\text{T}$ ) vicino a una centrale elettrica. Nelle aree pubbliche, l'esposizione media più elevata è stata misurata nelle stazioni ferroviarie ( $0,34 \mu\text{T}$ ), con un'esposizione media massima di  $6,26 \mu\text{T}$ . Per quanto riguarda i trasporti pubblici, l'esposizione media più elevata si registra sui treni ( $1,23 \mu\text{T}$ ) e l'esposizione media massima raggiunge gli  $8,99 \mu\text{T}$ . In generale, si può osservare lo stesso andamento dell'esposizione come in Figura 13 nonostante il metodo di calcolo sia diverso.

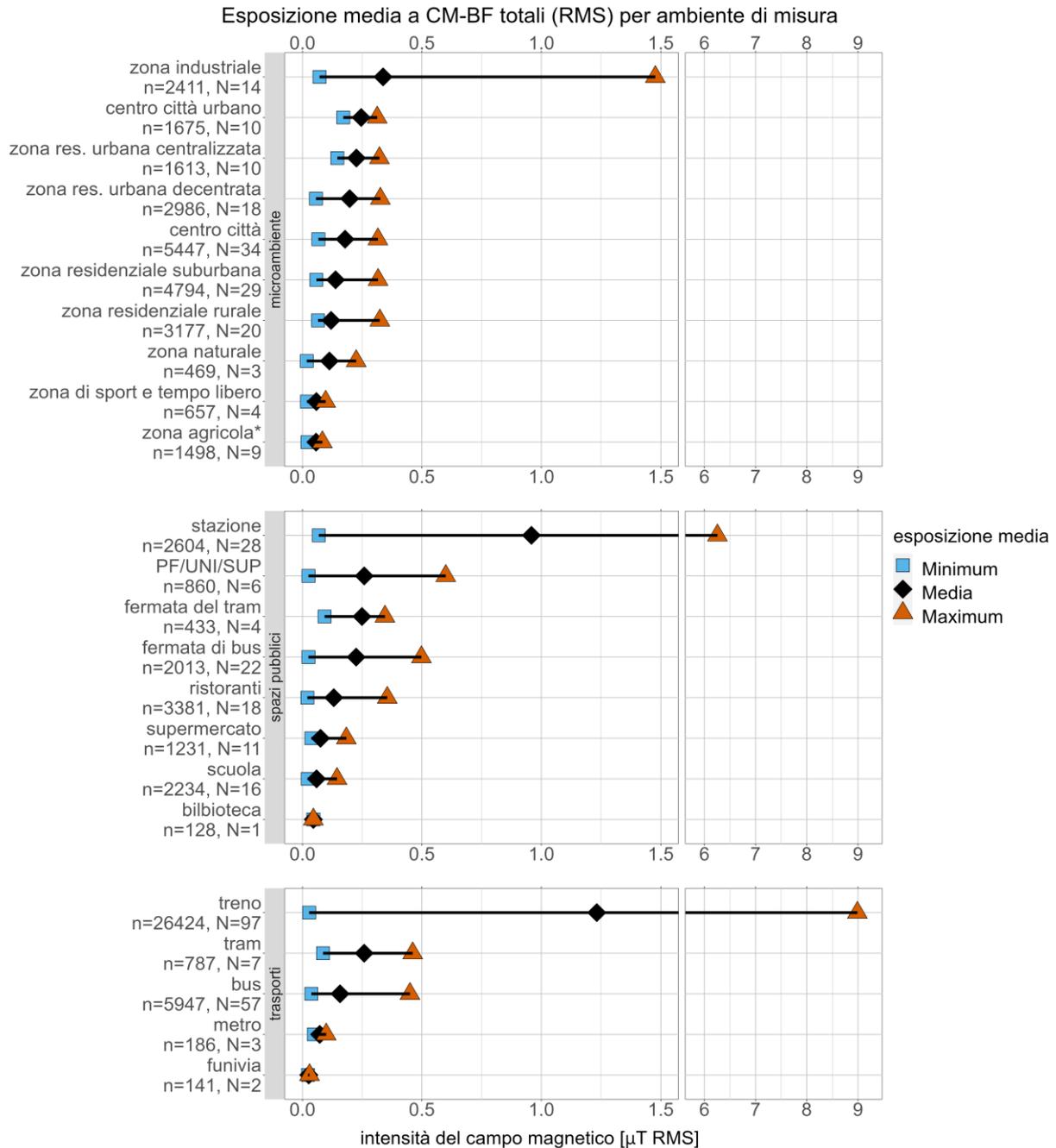


Figura 14: Intervallo dei valori medi delle misure CM-BF dei diversi ambienti di misura. Il valore medio della media aritmetica (diamante nero) è calcolato secondo l'equazione (10). Il minimo (quadrato blu) e il massimo (triangolo rosso) mostrano rispettivamente i valori minimi e massimi della media aritmetica per ogni singolo ambiente di misura. "n" indica il numero di punti dati per tipo di ambiente di misura. "N" indica il numero di ambienti di misura misurati dello stesso tipo. L'asse x è troncato tra 1,5  $\mu\text{T}$  e 6,0  $\mu\text{T}$  per rendere visibili i valori massimi. I dati sono riportati nella Tabella 25.

### 3.1.3 Ulteriori analisi nei treni - Esposizione HF e NF

Un'ulteriore analisi è stata effettuata per le misurazioni effettuate sui treni nel 2022, analizzando i valori in base all'occupazione: piena, media e bassa.

Figura 15 mostra sul lato sinistro, sotto forma di boxplot, la distribuzione dell'esposizione alle RF dei valori RMS (in alto) o dei valori di picco (in basso) in base all'occupazione del treno. Sul lato destro, i contributi medi relativi delle sei sorgenti RF sono colorati: Downlink (arancione), Uplink (blu scuro), Time Division Duplex TDD (viola), Broadcast (verde), WLAN (azzurro), DECT (rosso). Si può notare che l'esposizione alle radiofrequenze è massima in caso di occupazione elevata (media RMS: 0.44 V/m, picco: 3,01 V/m). In questo caso, l'uplink, che è legato alla trasmissione dei dispositivi wireless dei passeggeri, contribuisce al 54% dell'occupazione "alta". Per i valori di picco, il TDD contribuisce al 34% dell'occupazione "alta". Per l'occupazione media e bassa, le mediane RMS sono rispettivamente 0.31 V/m e 0.17 V/m.

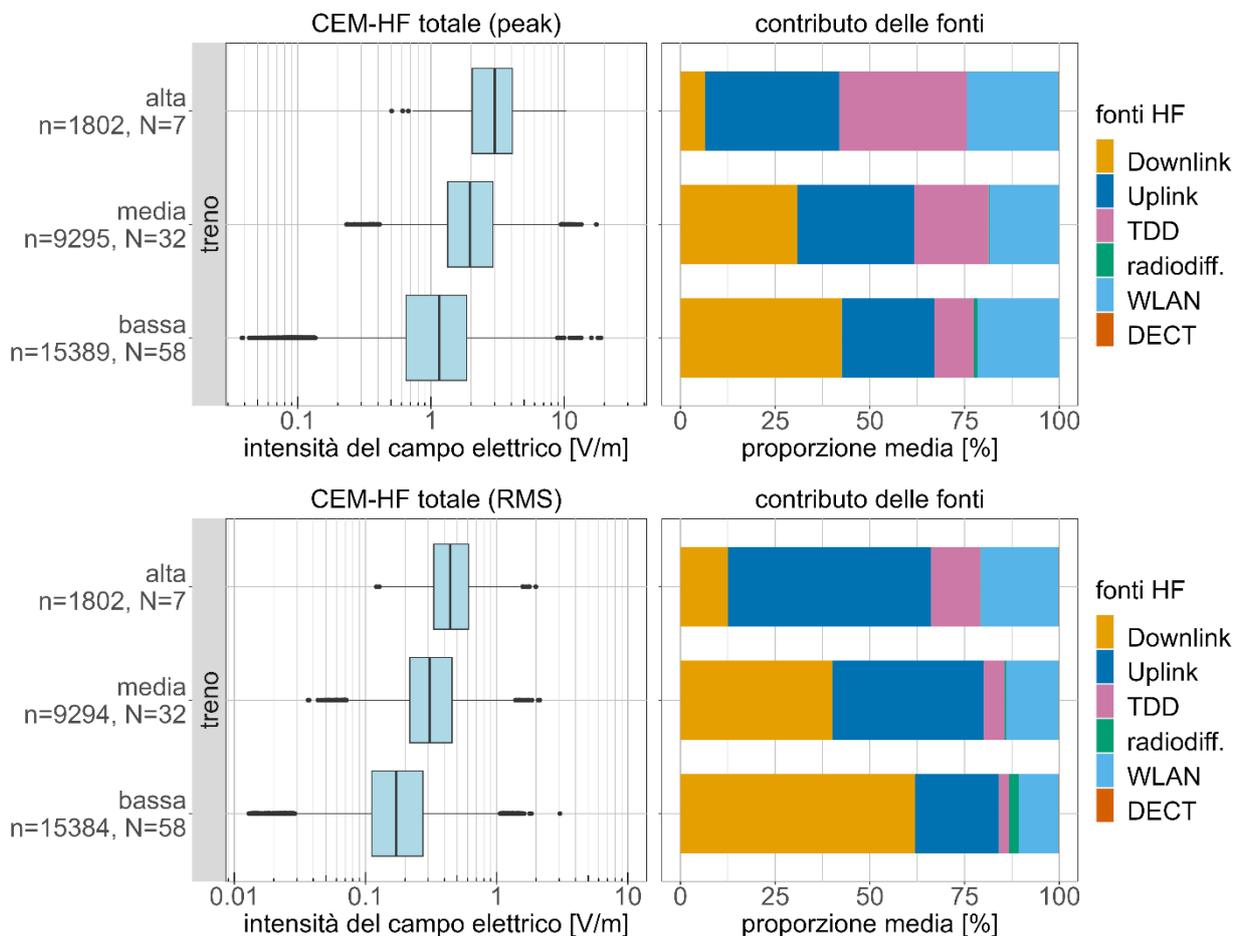


Figura 15 : A sinistra: Distribuzione dei valori CEM-HF RMS (in alto) e di picco (in basso) in base all'occupazione del treno nel 2022. La linea centrale, le caselle, i "whisker" e i punti indicano rispettivamente la mediana, il 25° e il 75° percentile, 1,5 volte l'intervallo interquartile (1,5\*IQR) e gli outlier. A destra: il contributo medio delle sorgenti per ogni tipo di ambiente di misura. Sono stati considerati i seguenti gruppi di bande di frequenza: Downlink, Uplink, Time Division Duplexing (TDD), broadcasting, WLAN e telefoni cordless (DECT). "n" indica il numero di punti dati per tipo di ambiente di misura. "N" indica il numero di ambienti di misura dello stesso tipo. I dati statistici e i contributi delle fonti sono riportati nella tabella 26. Tabella 26 e Tabella 27 rispettivamente.

Figura 16 mostra sul lato sinistro come boxplot la distribuzione dell'esposizione LF dei valori RMS per tipo di ambiente di misura. Sul lato destro, sono colorati i contributi medi relativi delle tre principali sorgenti di radiazioni a bassa frequenza: Corrente ferroviaria (giallo), alimentazione (rosa) e corrente di ripple del tram (viola). La mediana è più alta quando l'occupazione è bassa (0.51  $\mu\text{T}$ ) e simile quando l'occupazione è media o alta (0.37  $\mu\text{T}$ ). Non sorprende che il treno contribuisca al 100% del carico.

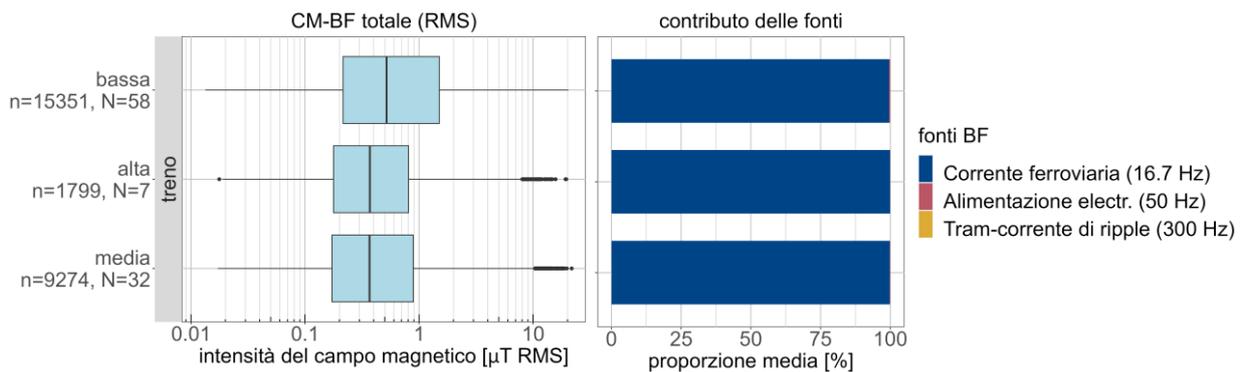


Figura 16: A sinistra: Distribuzione dei valori CM-BF nel 2022 per tipo di ambiente di misura. La linea centrale, le caselle, i "whisker" e i punti indicano rispettivamente la mediana, il 25° e il 75° percentile, 1,5 volte l'intervallo interquartile (1,5\*IQR) e gli outlier. A destra: il contributo medio delle sorgenti per ogni tipo di ambiente di misura. Sono stati considerati i seguenti gruppi di bande di frequenza: Corrente ferroviaria (16,7 Hz), Alimentazione elettrica (50 Hz) e Corrente di ondulazione del tram (300 Hz) con le rispettive armoniche. "n" indica il numero di punti dati per tipo di ambiente di misura. "N" indica il numero di punti dati per tipo di ambiente di misura. "N" indica il numero di ambienti di misura misurati dello stesso tipo. I dati statistici e i contributi delle sorgenti sono riportati nella Tabella 28 e Tabella 29 rispettivamente.

### 3°1.4 Ulteriori analisi nelle scuole - Esposizione a HF e NF

Un'altra analisi aggiuntiva è stata effettuata nel contesto delle misurazioni completate nel 2022 in due scuole primarie, due scuole secondarie e un ginnasio, in cui l'esposizione a RF e NF è stata misurata nel cortile, all'aperto o nell'edificio, con e senza studenti, e anche nei corridoi.

Figura 17 mostra sul lato sinistro come boxplot la distribuzione dell'esposizione alle radiofrequenze dei valori RMS (in alto) o dei valori di picco (in basso) nelle scuole. Sul lato destro, i contributi medi relativi delle sei sorgenti RF sono colorati: Downlink (arancione), Uplink (blu scuro), Time Division Duplex TDD (viola), Broadcast (verde), WLAN (azzurro), DECT (rosso). Come previsto, l'esposizione è leggermente superiore nelle aree esterne ("cortile - esterno") rispetto all'interno dell'edificio ("cortile - interno", "corridoio"). Inoltre, l'esposizione nei cortili scolastici pieni è leggermente superiore a quella dei cortili vuoti (ad esempio, "cortile - esterno con studenti": RMS: 0.20 V/m, picco: 1,12 V/m | cortile - esterno senza studenti": RMS: 0.10 V/m, picco: 0.52 V/m). Nelle aree "cortile - esterno", i maggiori contributi alle radiazioni provengono dai sistemi di telefonia mobile (contributo in downlink: RMS: 73 -78%, picco: 69 -79%), seguiti dai sistemi di radiodiffusione (RMS: 18 - 21%, picco: 2%). Nelle aree "cortile - interno", i maggiori contributi alle radiazioni provengono dalla WLAN (RMS: 69-90%, picco: 96-100%), ma a un livello basso, poiché l'esposizione media all'interno dell'edificio è complessivamente bassa (RMS: 0.04-0.13 V/m). Durante le pause all'interno dell'edificio (cioè "cortile - interno - con studenti), gli studenti contribuiscono leggermente all'aumento dell'esposizione attraverso l'uso attivo dei loro telefoni cellulari (contributo uplink: RMS: 30%, picco: 4%).

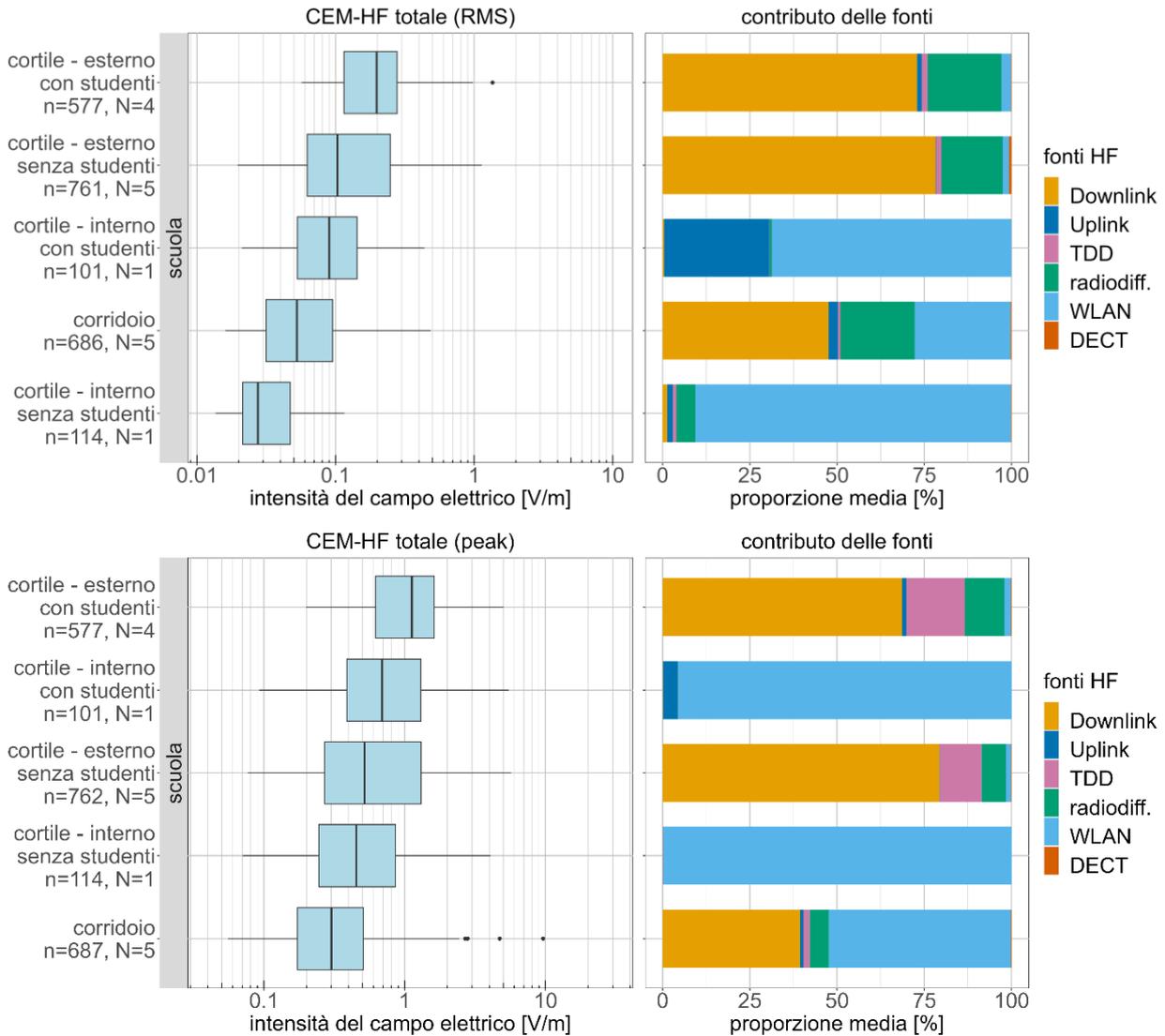


Figura 17: A sinistra: Distribuzione delle letture CEM-HF RMS (in alto) e di picco (in basso) nelle scuole nel 2022. La linea centrale, le caselle, i "baffi" e i punti indicano rispettivamente la mediana, il 25° e il 75° percentile, 1,5 volte l'intervallo interquartile (1,5\*IQR) e gli outlier. A destra: il contributo medio delle sorgenti per ogni tipo di ambiente di misura. Sono stati considerati i seguenti gruppi di bande di frequenza: Downlink, Uplink, Time Division Duplexing (TDD), broadcasting, WLAN e telefoni cordless (DECT). "n" indica il numero di punti dati per tipo di ambiente di misura. "N" indica il numero di ambienti di misura dello stesso tipo. I dati statistici e i contributi delle sorgenti sono riportati nella Tabella 30 e Tabella 31 rispettivamente.

Figura 18 mostra sul lato sinistro, sotto forma di boxplot, la distribuzione dei valori RMS per tipo di ambiente di misura. Sul lato destro, sono colorati i contributi medi relativi delle tre principali sorgenti di radiazioni a bassa frequenza: Corrente ferroviaria (giallo), rete elettrica (rosa) e corrente di ondulazione del tram (viola). In generale, i valori mediani dell'esposizione alle CM-BF nelle scuole sono i più bassi di tutte le aree pubbliche misurate. I valori mediani più elevati si riscontrano nell'area "cortile - interno con studenti" (0.05  $\mu$ T), ma ciò dipende dalla posizione della scuola misurata e non dal fatto che gli studenti

siano all'interno o all'esterno. I valori medi dei valori di esposizione CM-BF sono tutti compresi tra 0.03 e 0.05  $\mu\text{T}$ .

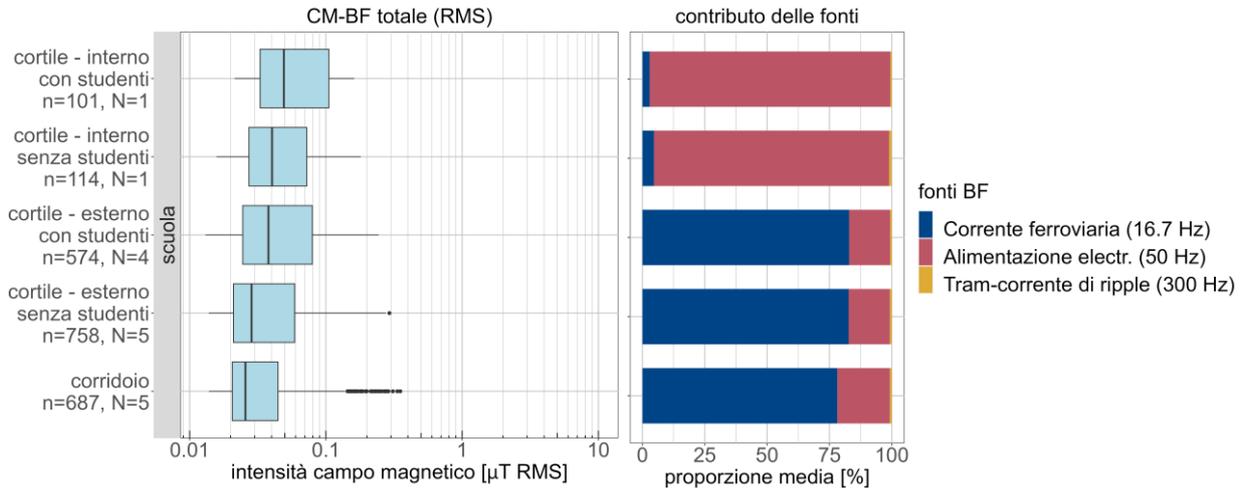


Figura 18: A sinistra: Distribuzione dei valori CM-BF nel 2022 per tipo di ambiente di misura. La linea centrale, le caselle, i "whisker" e i punti indicano rispettivamente la mediana, il 25° e il 75° percentile, 1,5 volte l'intervallo interquartile (1,5\*IQR) e gli outlier. A destra: il contributo medio delle sorgenti per ogni tipo di ambiente di misura. Sono stati considerati i seguenti gruppi di bande di frequenza: Corrente ferroviaria (16,7 Hz), Alimentazione elettrica (50 Hz) e Corrente di ondulazione del tram (300 Hz) con le rispettive armoniche. "n" indica il numero di punti dati per tipo di ambiente di misura. "N" indica il numero di ambienti di misura misurati dello stesso tipo. I dati statistici e i contributi delle sorgenti sono riportati in Tabella 32 , risp.Tabella 33

### 3e1.5 Sfruttamento del valore limite di immissione (IGW)

Figura 19 mostra lo sfruttamento del valore limite di immissione (IGW) per i valori LF (blu) e per i valori HF (rosso), calcolati secondo la regola di somma del NISV [1] . Tutti i dati sono stati raggruppati in base ai tre tipi di misurazioni (percorsi = microambienti, aree pubbliche, trasporti pubblici). Il valore massimo ammissibile di immissioni è uno scalare e ha il valore 100%. Tutti i valori inferiori al 100% soddisfano i valori limite di immissione secondo il NISV. I valori massimi sono un massimo del 13% per i valori LF e un massimo del 6% per i valori HF. I valori medi dei valori di sfruttamento IGW sono tutti inferiori all'1%.

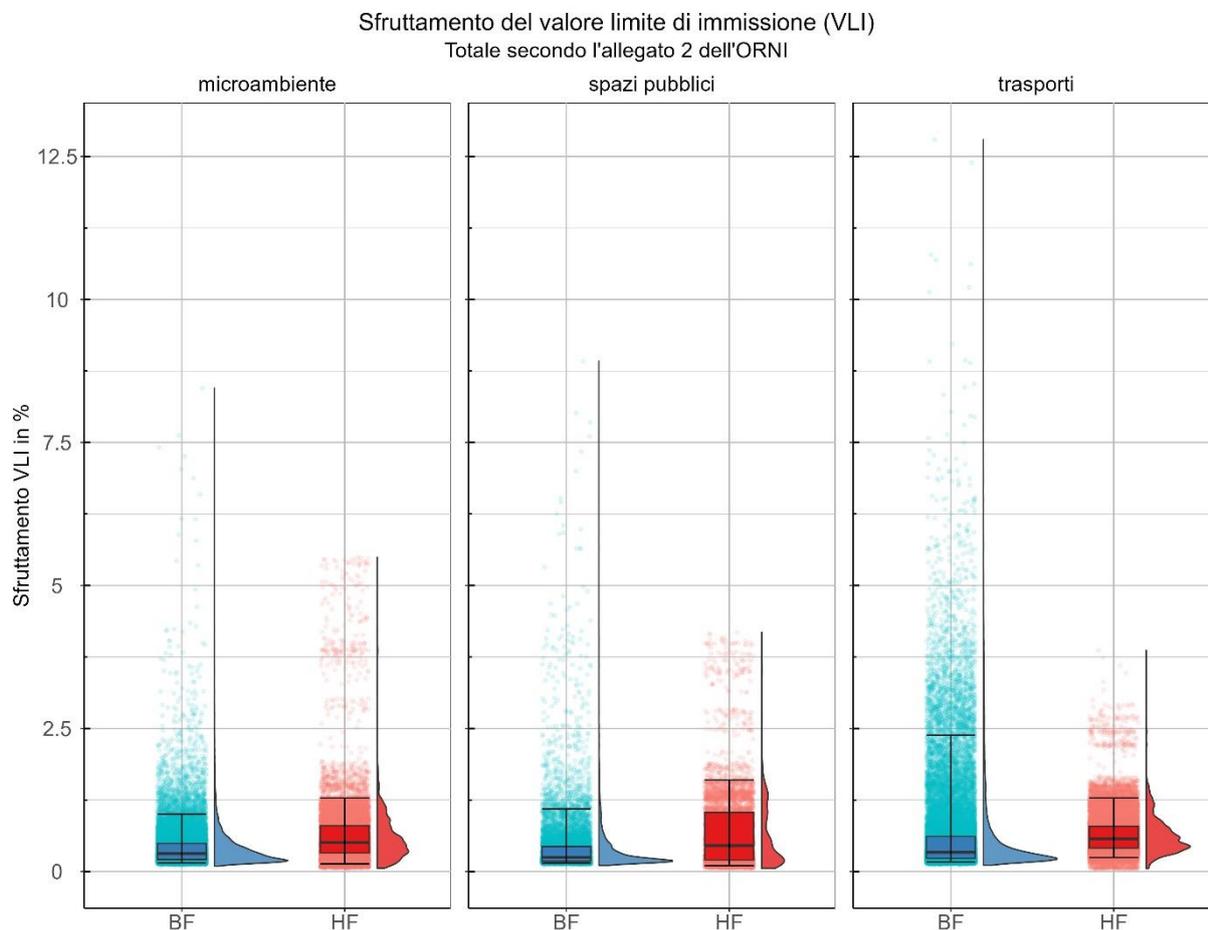


Figura 19: Distribuzione statistica dello sfruttamento del valore limite di immissione su tutti i punti di misura. Le diverse frequenze sono state sommate secondo la regola della somma (NISV Allegato 2). Nei diagrammi, i singoli valori misurati (per LF) o i singoli valori medi di 6 minuti (per HF) sono indicati come punti a sinistra (jitter plot). Nel boxplot sovrapposto, la linea centrale mostra la mediana, le caselle il 25° e il 75° percentile e l'area il 5° e il 95° percentile dei singoli valori misurati. Le curve a destra di ciascuna mostrano la distribuzione di frequenza dei singoli valori misurati (per NF) e i valori medi di 6 minuti (per HF). La scala del diagramma è limitata ai valori disponibili (utilizzo massimo circa 13%) per rendere visibile la struttura dei valori.

Di tutti i valori HF misurati, nessuno supera il valore limite di immissione applicabile. Di tutti i valori LF misurati, solo uno supera l'IGW ed è pari al 173%. Questo valore è stato escluso da ulteriori analisi dei dati e dal grafico sopra riportato e sarà trattato come un outlier ed esaminato in modo più approfondito. Questo valore è stato misurato in una biblioteca nella banda di frequenza 899-901 Hz. In questa banda è misurabile la terza armonica della corrente del tram. In questo caso, a causa dell'intensità di campo insolitamente elevata e della costellazione atipica, si può ipotizzare che questa misura non sia correlata alla corrente del tram e che sia da attribuire a una sorgente BF non identificata o a un artefatto di misura.

## 3°2 Misure spot residenziali

### 3°2.1 Esposizione ad HF

La distribuzione dei valori RMS CEM-HF misurati per tutti gli appartamenti è mostrata in Figura 20. 0 Le misurazioni parziali, costituite da misurazioni di lunga durata, misurazioni mobili e misurazioni di breve durata, sono state valutate singolarmente. Inoltre, sono state effettuate analisi separate per i siti con e senza sorgente primaria. I siti vicini a una sorgente primaria mostrano le esposizioni tipiche in prossimità della sorgente corrispondente. I siti senza sorgente primaria corrispondono a una distribuzione rappresentativa delle situazioni di esposizione NIR in Svizzera. La parte destra del grafico mostra la composizione percentuale dei contributi delle sorgenti all'intensità di campo totale media.

Per le abitazioni in prossimità di stazioni radiotelevisive è disponibile un solo set di dati (N = 1). Questo limita fortemente la significatività della distribuzione. In questa categoria, non è ancora possibile concludere su un'esposizione caratteristica per la sorgente. Il numero ridotto di set di dati si riflette in valori ridotti per l'intervallo interquartile (IQR).

Nelle misurazioni a breve termine, i siti di misurazione in prossimità di impianti di telefonia mobile mostrano un valore mediano dell'intensità di campo elettrico totale di 0.16 V/m. La composizione percentuale dell'intensità del campo elettrico totale è principalmente suddivisa nei seguenti gruppi di servizi: Downlink: 78%, radiodiffusione: 9%, WLAN: 9%. Un sito di misurazione vicino a un trasmettitore radiotelevisivo ha registrato il valore mediano più alto dell'intensità del campo elettrico totale (0.26 V/m). In questo sito sono stati determinati i seguenti contributi delle sorgenti in ordine decrescente di grandezza: Radio: 51%, WLAN: 45%. Per le proprietà che non sono state selezionate a causa della loro vicinanza a una delle fonti summenzionate, il valore mediano è di 0.13 V/m. Per quanto riguarda il campo elettrico, si può quindi ipotizzare che la selezione del sito sia casuale. I contributi di campo derivano principalmente dai seguenti gruppi: WLAN: 36%, broadcast: 27%, downlink: 26% e DECT: 10%.

Nelle misurazioni della telefonia mobile, i siti vicini alle antenne di telefonia mobile hanno un valore mediano di 0.13 V/m, che è anche il valore più alto di questo tipo di sottomisura. Le due maggiori fonti in questa categoria sono il downlink con il 79% e la radiodiffusione con il 13%. Per una misurazione in prossimità di un'apparecchiatura di trasmissione, la mediana è di 0.12 V/m. I maggiori contributi di campo provengono dalle categorie broadcasting con il 62% e WLAN con il 30%. Le abitazioni appartenenti alla categoria "nessuna fonte primaria di RF" hanno un'esposizione mediana di 0.08 V/m. I maggiori contributi delle sorgenti sono: Downlink: 46%, broadcasting: 31% e WLAN: 17%.

Nelle misurazioni di lunga durata, i siti di misurazione in prossimità delle stazioni base di telefonia mobile mostrano la mediana più alta, con 0.12 V/m. La fonte principale è il downlink con il 93%. La misurazione di lunga durata in un sito con una stazione di trasmissione mostra un'intensità di campo elettrico totale mediana di 0.07 V/m. La fonte principale in questo sito è il downlink con il 64%. In questo sito, la radiodiffusione contribuisce maggiormente all'intensità di campo con il 64%, seguita dal DECT con il 13% e dalla WLAN con il 13%. 13% e WLAN con il 13%. La categoria "nessuna fonte primaria di radiofrequenze" ha un'intensità di campo mediana di 0.08 V/m. Il downlink e la trasmissione forniscono i contributi principali, rispettivamente con il 54% e il 42%.

Le caratteristiche statistiche per le aree mostrate in Figura 20 sono riportate in appendice, raggruppate in base alle misure parziali (Tabella 34 e Tabella 35).

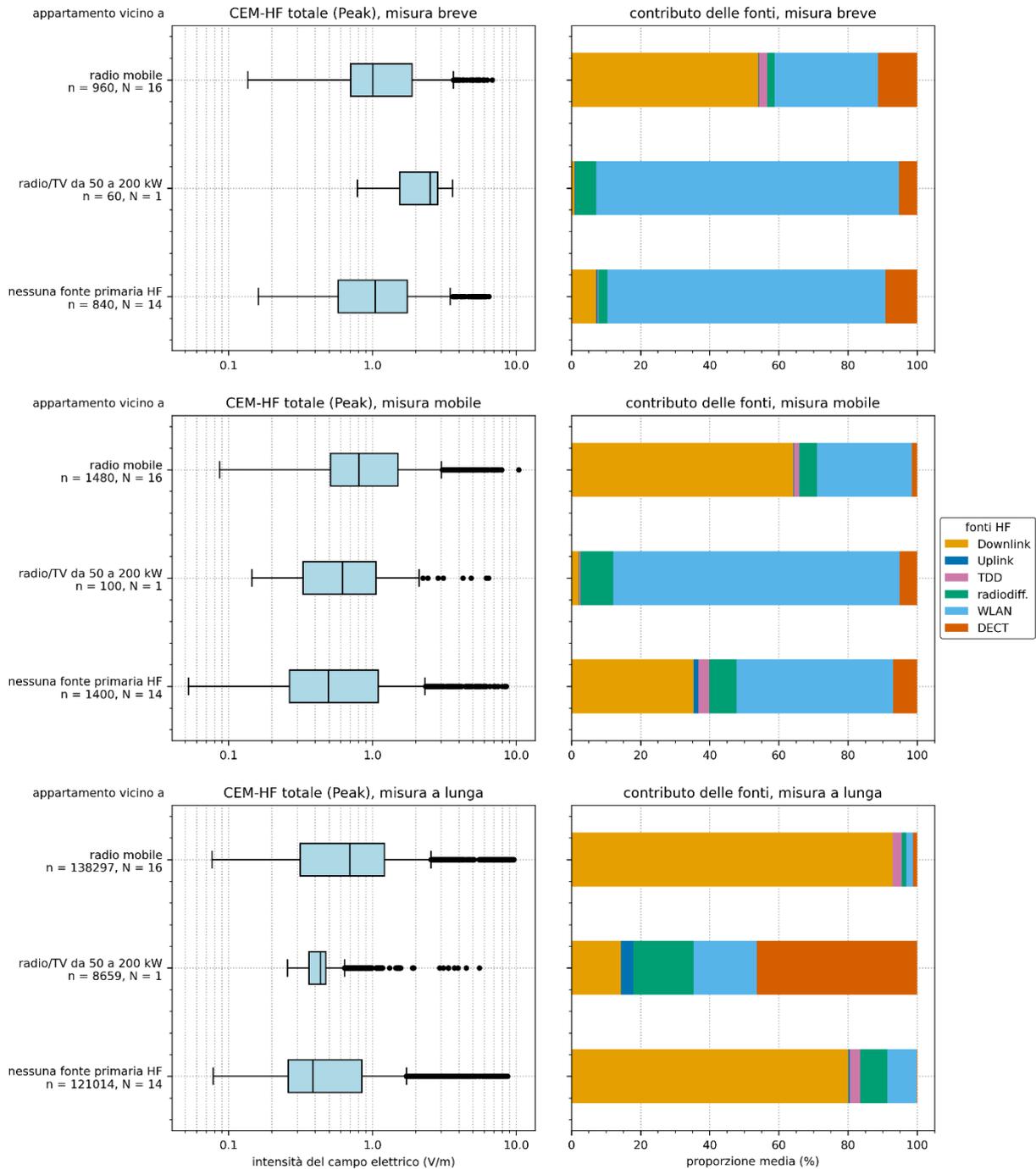


Figura 20: Distribuzione dei valori totali di CEM-HF (RMS) delle misurazioni spot calcolate con l'equazione (1), raggruppate per misurazioni parziali (misurazioni di breve durata, misurazioni mobili e misurazioni di lunga durata) e per la sorgente RF primaria nelle vicinanze del sito di misurazione. Per le proprietà che non si trovano nelle vicinanze di una delle sorgenti RF elencate, deve essere selezionata la categoria "nessuna sorgente RF primaria". La linea centrale indica la mediana e la barra blu il 25° e 75° percentile. I valori anomali si trovano al di fuori dell'intervallo  $1,5 \cdot IQR$  (intervallo interquartile) e sono indicati come singoli punti. n indica il numero di punti dati e N indica il numero di siti di misurazione. Per tutti i punti di misurazione con un determinato tipo di sorgente primaria, viene indicata la composizione percentuale dei gruppi di bande di frequenza nell'intensità di campo totale media, cfr. equazione (7). Si distingue tra downlink, uplink, time division duplex (TDD), broadcast, WLAN e DECT. Le caratteristiche statistiche sono riportate nella Tabella 34 e Tabella 35.

Figura 21 e Figura 22 mostrano l'intervallo dell'intensità del campo elettrico totale (RMS, vedi equazione (4)) per le misurazioni RMS e di picco, raggruppate per fonte primaria. Inoltre, viene presentata anche la media aritmetica dei valori RMS di tutte le misurazioni per ogni categoria di sorgente primaria, vedi equazione (9). Rispetto ai valori medi di Figura 20i valori medi dei valori RMS sono spostati verso intensità di campo più elevate. I valori di picco in Figura 22 sono più alti dei valori RMS in Figura 21 Figura 20e forniscono informazioni sui picchi massimi di intensità di campo che si sono verificati durante la misurazione. Il set di dati per la categoria di sorgenti primarie "Radio/TV da 50 a 200 kW" è costituito da una sola misurazione. Pertanto, non è possibile rappresentare alcun intervallo e i valori minimi, medi e massimi dell'esposizione media coincidono. L'andamento risultante dalla posizione relativa dei valori medi è per lo più simile a quello dei valori medi in Figura 20.

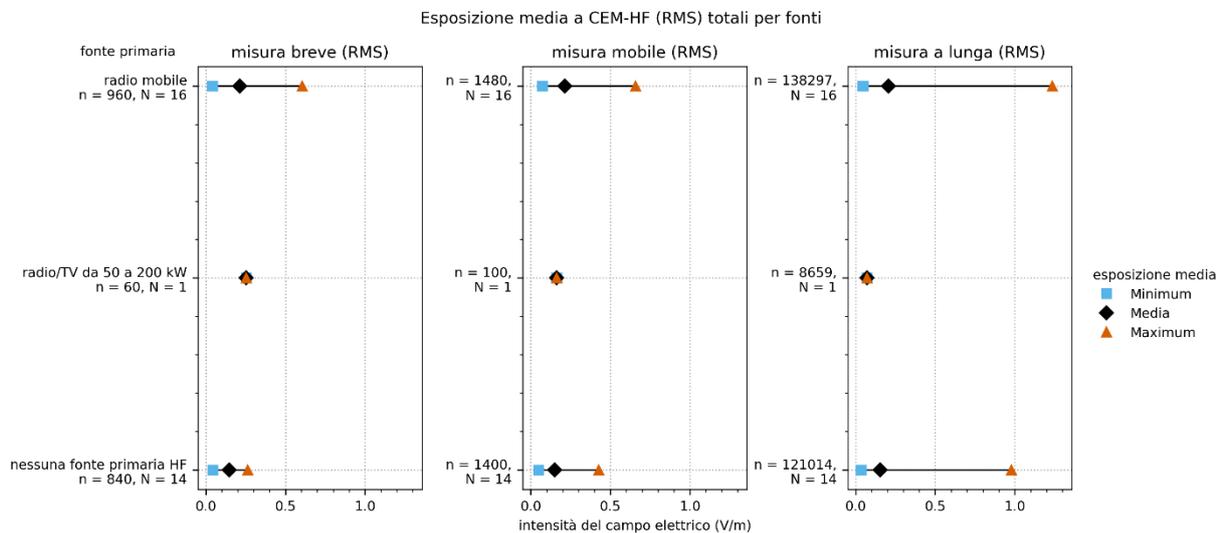


Figura 21: Intervallo del quadrato medio (RMS) dell'intensità del campo elettrico totale calcolato in base all'equazione (4) per ciascuna misurazione all'interno di una categoria di sorgente primaria. Per il calcolo sono stati utilizzati i punti dati RMS. Il diamante indica la media aritmetica di tutti i valori RMS dell'intensità di campo totale appartenenti a un tipo di sorgente, vedi equazione (9). I limiti sinistro e destro indicano l'intensità più bassa e più alta del campo totale RMS di tutte le misurazioni della categoria. Il numero di punti di misura è indicato con n e il numero di misurazioni del sito è espresso con N. I dati della figura sono riportati nella Tabella 36 dell'appendice.

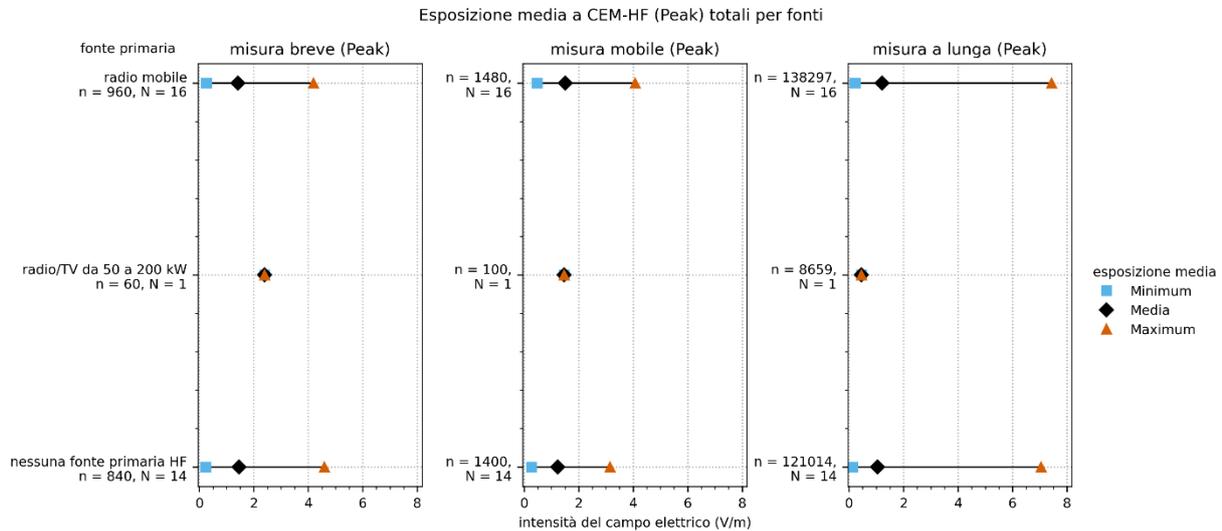


Figura 22: Intervallo del quadrato medio (RMS) dell'intensità del campo elettrico totale calcolato in base all'equazione (4) per ciascuna misurazione all'interno di una categoria di sorgente primaria. Per il calcolo sono stati utilizzati i valori di picco. Il diamante indica la media aritmetica di tutti i valori RMS dell'intensità di campo totale appartenenti a un tipo di sorgente, cfr. equazione (9). I limiti sinistro e destro indicano l'intensità più bassa e più alta del campo totale RMS di tutte le misurazioni della categoria. Il numero di punti di misura è indicato con n e il numero di misurazioni del sito è espresso con N. I dati della tabella sono riportati nella Tabella 37 in appendice.

### 3°2.2 NF- Esposizione

La distribuzione della densità di flusso magnetico totale di tutti i punti di misura RMS CM-BF è mostrata in Figura 23. I dati della misura di breve durata, della misura mobile e della misura di lunga durata sono valutati singolarmente. I dati statistici caratteristici delle distribuzioni sono riportati in Tabella 38. La composizione percentuale dei contributi delle sorgenti alla densità di flusso magnetico totale è riportata nella colonna di destra di Figura 23 e le caratteristiche sono riportate nella Tabella 39 è data. In base ai dati riportati nella Tabella 3 i contributi delle sorgenti sono assegnati alle categorie ferrovia, fornitura di energia e tram. La misurazione di breve durata e quella mobile avvengono contemporaneamente, ma in locali diversi. Anche la misurazione di lunga durata viene effettuata durante la notte.

Va notato che i dati relativi alle diverse sorgenti primarie del campo magnetico in Figura 23 derivano da misurazioni effettuate in uno o tre siti di misurazione e non sono quindi ancora rappresentativi. Le distribuzioni mostrate sono quindi ancora fortemente influenzate dai rispettivi luoghi di misurazione e non è ancora possibile fare affermazioni affidabili sulle larghezze di banda dell'esposizione da aspettarsi. Solo nel caso di misurazioni in assenza di sorgenti primarie LF si dispone di un numero sufficientemente elevato di misurazioni per poter ricavare valori caratteristici.

Per la misurazione di breve durata, il valore mediano nelle stanze di soggiorno frequente per le linee ferroviarie a due corsie è di 0.1  $\mu$ T. Per le linee ferroviarie a binario unico, la mediana si riduce della metà a 0.05  $\mu$ T. La singola misurazione in una galleria con una linea ferroviaria a binario unico sotto la proprietà porta alla mediana di esposizione più alta per le linee ferroviarie in questa categoria di sottomisure, pari a 0.25  $\mu$ T. Il valore elevato nonostante la linea a binario unico è probabilmente dovuto all'immediata vicinanza della linea aerea alla proprietà. I valori mediani della misurazione mobile sono praticamente identici per queste tre categorie di sorgenti primarie. Per la misurazione di lunga durata, i valori sono solo leggermente inferiori, con 0.07  $\mu$ T per le misurazioni in prossimità di linee ferroviarie a due corsie, 0.05

$\mu\text{T}$  in prossimità di linee ferroviarie a una corsia e  $0.18 \mu\text{T}$  per la misurazione singola con tunnel. Per tutte e tre le sorgenti primarie, la corrente a binario unico fornisce la percentuale maggiore della densità di flusso magnetico totale. Per la sorgente primaria "linea ferroviaria a due corsie" questa percentuale è quasi del 100%. Il modello di distribuzione è simile per tutte le misure parziali.

La singola misura di un appartamento vicino a una linea del tram mostra una mediana di  $0.04 \mu\text{T}$  per la misura di breve durata. Per la misura mobile la mediana è di  $0.06 \mu\text{T}$  e per la misura di lunga durata di  $0.09 \mu\text{T}$ . Il diagramma a barre dei contributi delle sorgenti mostra che l'ambiente di misurazione si trova anche in prossimità di una linea ferroviaria, che fornisce il contributo maggiore, seguito da quello dell'alimentazione. Il contributo della corrente ferroviaria è particolarmente elevato, pari al 79%, durante la misurazione di lunga durata. La corrente di ondulazione del tram misurata in tutte e tre le misure parziali è solo tra il 3-4% per le sorgenti in prossimità delle linee del tram. Per tutte le altre sorgenti, i contributi nelle bande di frequenza della corrente di ondulazione del tram sono trascurabili, il che indica l'assenza di linee del tram nei luoghi di misurazione.

Per le proprietà in prossimità di linee aeree a 220/380 kV, è stato misurato il valore mediano più alto, compreso tra 0.27 e  $0.33 \text{ V/m}$  per le tre misurazioni parziali. I valori massimi misurati sono compresi tra 1,7 e  $2,1 \mu\text{T}$ . La distribuzione è significativamente influenzata da una misurazione in cui sono stati rilevati valori superiori al limite di installazione precauzionale di  $1 \mu\text{T}$  del NISV. Per tutte le misurazioni parziali, la frazione di sorgente proveniente dall'alimentazione è del 100%. Le due misurazioni in prossimità di linee aeree da 36-150 kV hanno prodotto valori mediani inferiori rispetto alle linee ad altissima tensione. I valori mediani per le tre misurazioni parziali sono compresi tra 0.07 e  $0.09 \mu\text{T}$ . Anche i valori mediani di una singola misurazione in prossimità di una stazione di trasformazione sono compresi in un intervallo identico, tra 0.07 e  $0,09 \mu\text{T}$ . Per quanto riguarda la composizione della densità di flusso magnetico totale, emerge un quadro simile per entrambe le fonti primarie. Le quote percentuali dell'alimentazione dominano con il 65-75% per la categoria "linea aerea 36-150kV" e con il 76-88% per la stazione di trasformazione.

Per le proprietà che non si trovano in prossimità di una sorgente AF, il valore mediano della densità di flusso magnetico totale è di  $0.05 \mu\text{T}$  per tutte le misurazioni parziali ed è quindi inferiore a quello della maggior parte dei siti con una sorgente primaria AF. I valori massimi, tuttavia, possono essere alti come nei siti con una sorgente primaria LF. La quota della densità di flusso totale per la corrente ferroviaria varia tra il 54% e il 67% a seconda delle misure parziali, mentre la quota dell'alimentazione varia tra il 33% e il 46%. I contributi delle linee tranviarie non sono stati osservati nelle 17 misurazioni.

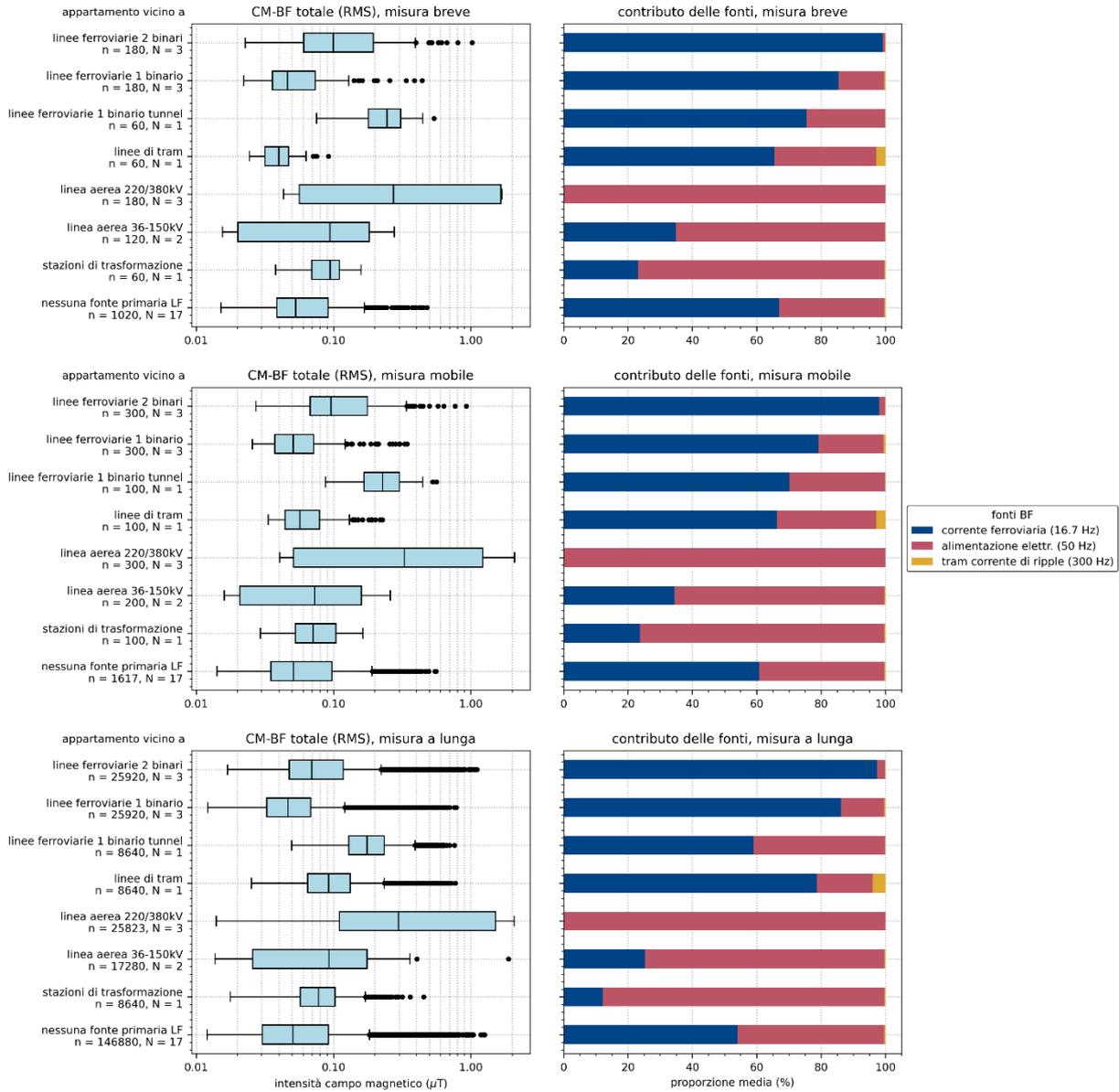


Figura 23: Distribuzione dei valori RMS CM-BF delle misurazioni spot calcolate con l'equazione (2), raggruppati per misurazioni parziali (misurazioni di breve durata, misurazioni mobili e misurazioni di lunga durata) e per la fonte primaria LF nelle vicinanze del sito di misurazione. Per le abitazioni che non si trovano in prossimità di una delle fonti LF elencate, si deve selezionare la categoria "nessuna fonte primaria LF". La linea centrale indica la mediana, la barra blu il 25° e 75° percentile. I valori anomali si trovano al di fuori dell'intervallo interquartile ( $1,5 \cdot IQR$ ) e sono indicati come singoli punti. Il numero di punti dati utilizzati è indicato con n sotto il nome della fonte. Il numero di misurazioni in siti con la stessa fonte primaria è indicato con N. Sul lato destro, la composizione percentuale dei contributi delle sorgenti alla densità di flusso totale media è indicata per tutti i tipi di sorgenti primarie, vedi equazione (8). Le caratteristiche statistiche sono riportate nella Tabella 38 e Tabella 39 dell'appendice.

Il carico medio della densità di flusso magnetico totale a bassa frequenza è mostrato in Figura 24 per ogni sorgente primaria. In questo caso, la media aritmetica della densità di flusso magnetico risultante viene formata per ogni misurazione secondo l'equazione (5). Successivamente, i valori medi vengono raggruppati per sorgente primaria e all'interno del gruppo di sorgenti primarie vengono formati il minimo, la media aritmetica (vedere equazione (10)) e il massimo. Ciò fornisce informazioni sull'intervallo in cui si estende il carico medio. Un valore caratteristico per ogni gruppo di sorgenti primarie è dato dal valore medio della densità di flusso totale mediana delle diverse misure del gruppo. Rispetto ai valori mediani in Figura 23 emerge un modello simile. Tuttavia, in questa forma di valutazione, i valori medi sono spostati verso densità di flusso magnetico più elevate. Anche in questa valutazione sono evidenti gli elevati valori massimi per la categoria di sorgente primaria "linea aerea 220/380 kV".

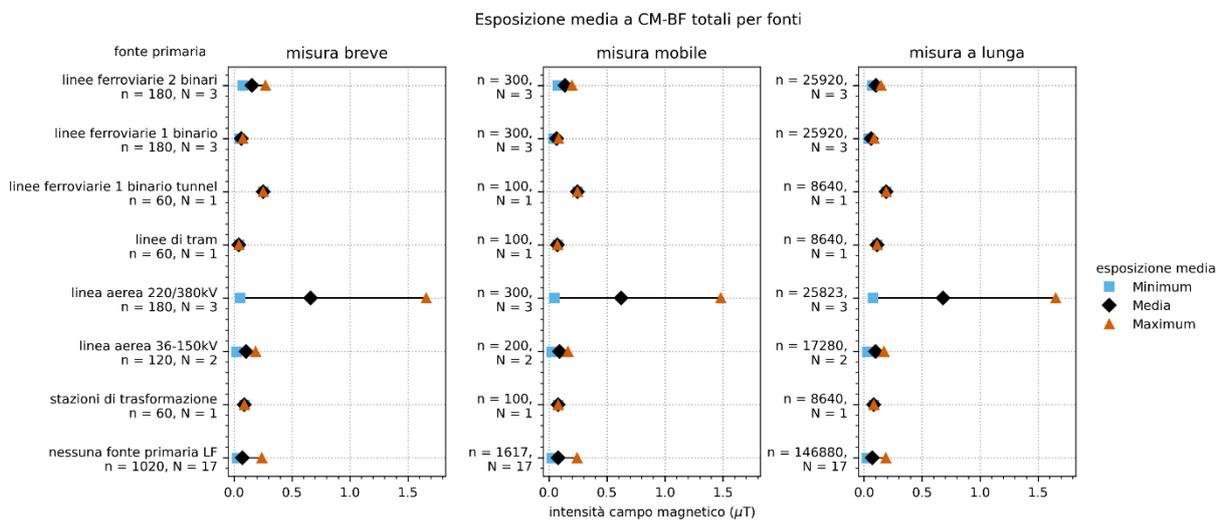


Figura 24: Intervallo della densità di flusso magnetico totale CM-BF calcolata secondo l'equazione (5) per ciascuna sorgente primaria. Il rombo indica la media aritmetica di tutte le densità di flusso totale appartenenti a un tipo di sorgente, vedi equazione (10). I limiti sinistro e destro indicano l'intensità più bassa e più alta della densità di flusso totale. Il numero di punti di misura è indicato da n e il numero di misurazioni del sito è espresso da N. I dati sono riportati nella Tabella 40 dell'appendice.

### 3°3 Misure continue stazionarie

Tutte e cinque le stazioni di misurazione delle misure continue stazionarie sono operative dal 1° gennaio 2023 e misurano continuamente le immissioni di radiofrequenze. I risultati saranno presentati e discussi nella Relazione annuale 2023.

## 4° Discussione

L'obiettivo principale di questo rapporto annuale è stato quello di descrivere le misurazioni effettuate nell'ambito del monitoraggio dell'esposizione NIR in Svizzera. Per quanto riguarda le misurazioni dei percorsi, vengono presentati i dati di un totale di 150 microambienti, 90 luoghi pubblici e numerose modalità di trasporto pubblico raccolti nel 2022. Inoltre, vengono presentati i dati già raccolti nel rapporto annuale 2021 [2] sono stati integrati con un'analisi per occupazione dei treni e un'analisi approfondita per le scuole. Per quanto riguarda le misurazioni spot, i dati presentati in questo rapporto annuale riguardano 26 località che sono state misurate tra il 2021 e il marzo 2023. In questo caso, il campione è stato integrato con le misurazioni del 1° trimestre del 2023, poiché nel 2022 è stato possibile effettuare un numero di misurazioni inferiore a quello previsto a causa delle restrizioni dovute alla pandemia.

### 4°1 Misure sui percorsi

Nel 2022, abbiamo raccolto dati in 150 microambienti, in 90 luoghi pubblici, nonché in 5 scuole e in numerosi veicoli del trasporto pubblico.

#### 4°1.1 Misure sui percorsi generali

Per le misurazioni sui percorsi, i valori mediani di RF EMF (RMS) variano da 0.07 V/m nelle aree naturali a 0.29 V/m nelle aree industriali (Figura 9). I valori mediani di RF EMF (RMS) tendono ad aumentare con l'aumento dell'urbanizzazione. Il 95° percentile più alto (Q95) è di 0.88 V/m nei centri urbani. Nelle aree pubbliche, i valori mediani di RF EMF (RMS) variano da 0.05 V/m in una biblioteca a 0.38 V/m alle fermate dei tram. Le fermate dei mezzi pubblici presentano valori mediani più elevati (RF: 0.29 - 0.38 V/m) rispetto alle aree interne come supermercati o scuole (RF: 0.05 - 0.09 V/m). Poiché questi ultimi, a differenza dei primi, sono al chiuso, sono schermati dalle emissioni delle antenne di telefonia mobile dalle pareti. Nei trasporti pubblici, i valori mediani di RF EMF (RMS) variano da 0.12 V/m in funivia a 0.29 V/m in metropolitana. I valori riportati sono comparabili con gli studi condotti all'estero [8-10].

In termini di LF-EMF, i valori mediani (RMS) per le misurazioni sui percorsi vanno da 0.03  $\mu$ T nelle aree agricole a 0.19  $\mu$ T nei centri urbani (Figura 13). I valori mediani del CM-BF (RMS) aumentano generalmente con l'aumento dell'urbanizzazione. Tuttavia, i valori di picco più elevati sono stati osservati nelle aree industriali. Il 95° percentile (Q95) è di 1,52  $\mu$ T. Ciò si spiega con una misurazione effettuata in prossimità di una centrale elettrica (con esposizione mediana massima CM-BF: 1,48  $\mu$ T), dove passano diverse linee elettriche ad alta tensione. Nelle aree pubbliche, i valori mediani di CM-BF (RMS) vanno da 0.03  $\mu$ T nelle scuole a 0.39  $\mu$ T nelle stazioni ferroviarie. Nei trasporti pubblici, i valori mediani di CM-BF (RMS) vanno da 0.02  $\mu$ T in una funivia a 0.44  $\mu$ T nei treni. Anche i valori di picco (95° percentile) sono più elevati nei treni (5,87  $\mu$ T) e nelle stazioni ferroviarie (2,99  $\mu$ T). La comparabilità delle misure di LF a livello internazionale è limitata a causa dell'esiguo numero di studi sull'argomento.

Il valore limite di immissione è stato superato di un massimo del 13% e del 6% nelle misurazioni LF e HF, rispettivamente.

#### 4°1.2 Misure sui treni

Le valutazioni aggiuntive hanno incluso i risultati delle misurazioni LF e HF nei treni secondo tre categorie di occupazione: alta, media e bassa.

Rispetto ad altri ambienti di misura, l'esposizione media alle radiofrequenze nei treni è elevata, pari a 0.32 V/m (Figura 17). L'esposizione alle radiofrequenze nei treni tende ad aumentare con il numero di persone presenti, poiché con il numero di persone aumenta anche il numero di sorgenti RF attive nei treni. I risultati di questa analisi confermano la tendenza emersa anche in altri studi scientifici [10]. I valori mediani di RF in base all'occupazione dei treni (RMS: 0.17 V/m per l'occupazione bassa e 0.44 V/m per l'occupazione alta) sono paragonabili a quelli di uno studio europeo [11], che ha misurato l'esposizione personale di 37 bambini sui treni tra il 2014 e il 2016 con un valore mediano di 0.38 V/m.

Il livello medio di esposizione a CM-BF nei treni è di 1,23  $\mu$ T ed è il valore più alto rispetto a tutti gli altri ambienti di misura e può arrivare fino a 8,99  $\mu$ T (Figura 18). Come previsto, l'esposizione a CM-BF non dipende dall'occupazione dei treni, in quanto nessuna sorgente NF viene aggiunta o rimossa a causa dell'occupazione. Sebbene siano relativamente pochi gli studi recenti che hanno misurato l'esposizione alle ECM-BF sui treni [12], uno studio iraniano del 2017 ha misurato l'esposizione nella cabina di un macchinista con un valore medio di 1,47  $\mu$ T, e valori di picco fino a 7,90  $\mu$ T [13], paragonabili ai nostri risultati.

#### 4°1.3 Misure presso le scuole

Le valutazioni aggiuntive hanno incluso i risultati delle misurazioni NF e HF in cinque scuole (due primarie, due secondarie e un liceo). Le misurazioni sono state effettuate nei cortili interni ed esterni e, ove possibile, nei corridoi. Non sono state effettuate misurazioni specifiche nelle aule. L'esposizione misurata nelle scuole è chiaramente inferiore ai valori limite.

Rispetto ad altre misurazioni in spazi pubblici, l'esposizione media a CEM-HF nelle scuole è bassa, pari a 0.17 V/m (Figura 17). La larghezza di banda dell'esposizione media nelle scuole corrisponde all'esposizione nell'area pubblica. Nelle aree "cortile - esterno", la maggior parte dell'esposizione proviene dai sistemi radio mobili (downlink: 73-78%), ma a un livello basso. All'interno dell'edificio, l'esposizione totale si riduce ulteriormente, con la parte principale dell'esposizione che proviene dalla WLAN (69-90%). Durante le pause, la percentuale di radiazioni causate dai telefoni cellulari aumenta leggermente (uplink: 30%).

I livelli di CEM-HF misurati nelle scuole sono simili a quelli di altri studi internazionali. Nel contesto dello studio SCAMP [14] sono state effettuate misurazioni personali di CEM-HF su 188 adolescenti di Londra tra il 2015 e il 2018. In questo studio, i valori mediani dell'esposizione ai campi elettromagnetici a radiofrequenza nelle scuole sono stati di 0.19 V/m. Ciò corrisponde ai valori mediani più elevati misurati qui nel "parco giochi - all'esterno con gli studenti" (mediana RMS: 0.20 V/m). In 102 scuole primarie di Amsterdam [15] è stata misurata un'esposizione media di 0.16 V/m nelle aule senza studenti. Questo risultato si colloca tra le nostre misurazioni nel "cortile i - interno con studenti" (RMS HF: 0.13 V/m) e nel "cortile - esterno con studenti" (RMS HF: 0.29 V/m).

Rispetto ad altre misurazioni nel settore pubblico, l'esposizione media a LF nelle scuole è di 0.06  $\mu$ T, un livello basso (Figura 18). L'intervallo dell'esposizione media nelle scuole è in linea con l'esposizione nel settore pubblico. Esistono pochi studi sull'esposizione a CM-BF nelle scuole. I nostri risultati sono simili a quelli di uno studio spagnolo [16] in cui l'esposizione media in 26 scuole è stata misurata a 0.015  $\mu$ T e

0.017  $\mu\text{T}$  nel cortile della scuola e nelle aule, rispettivamente. Questi risultati sono nell'intervallo inferiore dell'esposizione media a LF misurata qui (0.06  $\mu\text{T}$ ).

#### 4°1.4 Confronto 2021/2022 delle misure sui percorsi

Tabella 9 mostra i valori mediاني RF e LF (RMS) degli ambienti di misura misurati nel 2021 e nel 2022. Nel complesso, i valori HF e NF misurati nel 2021 e nel 2022 sono simili nella maggior parte degli ambienti di misura. Per quanto riguarda i valori RF, le differenze maggiori sono state osservate in "PF/UNI/SUP" con una differenza assoluta di 0.14 V/m e nei ristoranti con 0.10 V/m, che possono essere in parte spiegate dai diversi luoghi di misurazione. Per i trasporti pubblici, emerge una tendenza generale verso valori di RF più elevati nel 2022, che potrebbe essere in parte dovuta al fatto che nel 2022 le misurazioni sono state effettuate più spesso nei trasporti pubblici con un'elevata occupazione rispetto al 2021, dove l'occupazione era ancora leggermente inferiore a causa della pandemia. Il fatto che le letture per i rispettivi tipi di ambienti di misurazione fossero simili nel 2021 e nel 2022 dimostra che i dati raccolti sono rappresentativi per le rispettive località.

Tabella 9: Confronto dei valori per gli anni 2021 [2] e 2022 HF e valori mediاني NF rilevati per le misurazioni sui percorsi. Tuttavia, un confronto nel tempo è possibile solo in misura limitata, poiché non sono stati misurati gli stessi ambienti.

Ambiente misurato	Valori mediاني RF (RMS) (V/m)		Valori mediاني NF (RMS) ( $\mu\text{T}$ )	
	2021	2022	2021	2022
Area industriale	0.30	0.29	0.11	0.14
centro urbano	0.19	0.24	0.17	0.19
area urbana centrale residenziale	0.18	0.20	0.17	0.18
Area sportiva/ricreativa	0.25	0.17	0.03	0.03
Area agricola (senza trasmettitore radio)	0.07	0.11	0.02	0.03
Centro città (suburbano + rurale)	0.11	0.08-0.15	0.13	0.12-0.13
area residenziale urbana decentrata	0.14	0.15	0.16	0.14
Area residenziale (suburbana + rurale)	0.09	0.10-0.13	0.12	0.09
Riserva naturale	0.05	0.07	0.02	0.06
Ambiente misurato	Valori mediاني RF (RMS) (V/m)		Valori mediاني NF (RMS) ( $\mu\text{T}$ )	
Ambiente misurato	2021	2022	2021	2022
Fermata del tram	0.39	0.38	0.34	0.20
Fermata dell'autobus	0.33	0.35	0.15	0.16
Stazione	0.25	0.29	0.19	0.39
PF/UNI/SUP	0.09	0.23	0.05	0.14
Ristorante	0.10	0.20	0.07	0.05
Supermercato	0.09	0.06	0.05	0.06
Biblioteca	0.20	0.05	0.05	0.03
Ambiente misurato	Valori mediاني RF (RMS) (V/m)		Valori mediاني NF (RMS) ( $\mu\text{T}$ )	
Ambiente misurato	2021	2022	2021	2022
Metro	0.19	0.29	0.12	0.05
Tram	0.18	0.24	0.15	0.18

Ambiente misurato	Valori mediani RF (RMS) (V/m)		Valori mediani NF (RMS) ( $\mu$ T)	
	2021	2022	2021	2022
Treno	0.20	0.24	0.42	0.44
Autobus	0.14	0.20	0.08	0.08
Funivia	0.08	0.12	0.02	0.02

#### 4°2 Misure spot

Le misurazioni spot permettono di capire a quale esposizione a CEM-HF e CM-BF sono esposti i residenti in prossimità delle fonti esterne di EMF nelle loro case. Le misurazioni vengono effettuate deliberatamente in luoghi in cui le persone soggiornano per un periodo di tempo più lungo. Affinché le distribuzioni mostrino valori rappresentativi dell'esposizione prevista nelle abitazioni, è necessario un numero sufficientemente elevato di misurazioni per ogni tipo di sorgente primaria. Con i dati disponibili fino a marzo 2023, questo non è ancora il caso ovunque.

Per le misurazioni CEM-HF in prossimità di trasmettitori radiotelevisivi, è disponibile un solo set di dati (N=1). I risultati di questa fonte primaria, pertanto, non forniscono ancora valori rappresentativi dell'esposizione attesa e non vengono presi in considerazione nella seguente discussione.

Nelle misurazioni di breve durata in stanze con una durata di permanenza più lunga, i valori misurati di CEM-HF sono generalmente più bassi rispetto all'esterno nelle misurazioni sui percorsi. Ciò è probabilmente dovuto principalmente alla schermatura dell'involucro edilizio. Per le abitazioni senza una fonte prioritaria di campi elettromagnetici a radiofrequenza, i valori mediani dei campi elettromagnetici a radiofrequenza (0.13 V/m) sono solo leggermente inferiori a quelli delle località selezionate per la vicinanza a una stazione base di telefonia mobile (0.16 V/m). Tuttavia, la variabilità dell'esposizione è maggiore. Si può quindi notare da Tabella 34 che l'intervallo interquartile per gli ambienti di misurazione in prossimità di stazioni di base per la telefonia mobile è chiaramente più alto con 0.21 V/m rispetto a 0.10 V/m in assenza di fonti primarie di radiofrequenza. Anche il 95° percentile è più alto, con 0.57 V/m, rispetto ai siti selezionati casualmente rispetto alla telefonia mobile (0.27 V/m). Lo stesso quadro emerge per le misurazioni mobili nelle abitazioni. Il valore mediano per le località con la radio mobile come sorgente primaria è di 0.13 V/m e per la categoria "nessuna sorgente primaria RF" di 0.08 V/m. Anche gli intervalli interquartili differiscono con 0.16 V/m ("radio mobile") e 0.09 V/m ("nessuna sorgente primaria RF"). Anche nelle misurazioni di lunga durata di 24 ore, queste differenze sono riconoscibili nei valori mediani di 0.12 V/m ("radio mobile") e 0.08 V/m ("nessuna fonte primaria RF") e negli intervalli interquartili (0.12 V/m per le abitazioni in prossimità di un'installazione di radio mobile e 0.07 V/m se non c'è una fonte primaria RF). Ciò dimostra che, rispetto all'assenza di una fonte primaria di radiofrequenze, nelle abitazioni in prossimità di antenne di telefonia mobile possono verificarsi situazioni di esposizione maggiori. L'esposizione misurata nelle abitazioni dipende dall'attenuazione dell'edificio, dalla distanza dalla sorgente, dall'attenuazione dovuta agli ostacoli, dalla potenza di trasmissione effettiva e dalla disposizione spaziale del luogo di misurazione rispetto alla sorgente. La presenza di una sorgente radio mobile non comporta necessariamente una forte esposizione all'OMEN, ma può determinare un aumento dell'esposizione in caso di una costellazione sfavorevole dei fattori sopra citati.

Confrontando i valori mediani all'interno di una fonte primaria tra le tre sottomisure (misurazione di breve durata, misurazione mobile e misurazione di lunga durata), si nota una leggera diminuzione tra la

misurazione di breve durata e le altre due sottomisure. I valori mediani delle misure mobili e delle misure di lunga durata sono quasi identici all'interno della categoria delle fonti primarie.

Nel caso della sorgente primaria "telefonia mobile", il downlink contribuisce in modo significativo all'intensità di campo totale, seguito dalla categoria radiodiffusione, nel caso delle misurazioni di breve durata, effettuate per lo più nel soggiorno, anche dalla WLAN. In assenza di sorgenti RF primarie, la composizione del campo totale CEM-HF varia in modo più marcato, ma è anch'essa dominata da downlink, radiodiffusione e WLAN. Nelle misurazioni di lunga durata in camera da letto, la WLAN contribuisce solo in minima parte. Nella misurazione mobile vengono attraversate diverse stanze dell'abitazione, con una copertura WLAN e DECT di grado variabile, ma complessivamente inferiore a quella della misurazione di breve durata. Ciò indica che i punti di accesso WLAN e i telefoni DECT sono collocati principalmente nelle stanze in cui si soggiorna spesso e a lungo, e non in camera da letto. Questo spiega in parte anche i valori CEM-HF più elevati nelle misurazioni di breve durata rispetto alle misurazioni mobili e di lunga durata. Per quanto riguarda le misurazioni mobili, va notato che ci si aspetta una sottovalutazione dell'esposizione di circa il 10% a causa della schermatura del corpo (vedi sotto). Uplink e time-division duplex contribuiscono a meno del 2% dell'intensità di campo totale in tutte le misurazioni parziali in tutti i tipi di ambiente di misurazione.

Il numero di misurazioni in siti con la stessa fonte primaria è compreso tra tre e una misurazione. Con un campione di dimensioni così ridotte, le distribuzioni possono essere fortemente influenzate dalle condizioni dei singoli siti di misurazione. Nel prosieguo del monitoraggio, ci si possono aspettare dati più solidi sulla distribuzione dell'esposizione nelle diverse abitazioni.

I valori mediani della densità di flusso magnetico totale per le misure di breve durata variano da 0.04-0.27  $\mu\text{T}$ , per le misure mobili da 0.05-0.33  $\mu\text{T}$  e per le misure di lunga durata da 0.05-0.18  $\mu\text{T}$ . Queste misurazioni NF sono paragonabili alle misurazioni dell'esposizione effettuate nel 2012/13 in Svizzera e in Italia in 246 camere da letto. [17]. In questo studio, il valore medio della densità di flusso magnetico è stato di 0.06  $\mu\text{T}$  e il valore massimo di 0.7  $\mu\text{T}$ .

Come previsto, i valori più elevati di NF-EMF sono stati misurati nelle abitazioni vicine alla sorgente primaria "linea aerea da 220/380 kV". I valori massimi ammontano a 1,7  $\mu\text{T}$  e sono quindi superiori al valore limite di installazione precauzionale di 1  $\mu\text{T}$ , che il NISV specifica per le (nuove) linee di trasmissione in luoghi come abitazioni, scuole o ospedali. Il valore limite di installazione è un valore limite precauzionale. Ha lo scopo di mantenere bassa l'esposizione a lungo termine nei luoghi in cui le persone trascorrono regolarmente lunghi periodi di tempo, riducendo così anche il rischio di eventuali effetti sulla salute non ancora evidenti. Il valore limite di installazione è circa 100 volte inferiore al valore limite di immissione, che protegge dagli effetti sulla salute scientificamente provati. Il valore limite di installazione si applica alle radiazioni di un singolo impianto. Nelle misurazioni attuali è stata registrata l'esposizione totale proveniente da tutte le fonti. Non è possibile determinare l'esatto contributo della linea ad alta tensione. Va inoltre notato che il valore limite di installazione si applica solo alle nuove linee di trasmissione ad alta tensione, ma non a quelle vecchie, cioè quelle che erano già in funzione prima dell'entrata in vigore del NISV il 1° febbraio 2000. Se le vecchie linee di trasmissione superano il valore limite di installazione, la cosiddetta assegnazione delle fasi deve essere ottimizzata. In questo modo è possibile ridurre l'estensione spaziale del campo magnetico. Non ci sono altri requisiti. Se una vecchia linea non rispetta il valore limite di installazione anche dopo l'ottimizzazione delle fasi, questo viene tollerato. [18].

### 4°3 Limitazioni

Per ridurre il più possibile l'effetto di schermatura del corpo, gli esposimetri RF sono installati in uno zaino a una distanza di 20 cm dal corpo, con le RF dell'ExpoM all'altezza della parte superiore della schiena. I valori medi effettivi di CEM-HF senza esposizione corporea, determinati dalle misurazioni in camera anecoica, sono tuttavia sottovalutati di circa il 10% con questo approccio. Questo valore è spiegato in modo più dettagliato nella relazione annuale 2021 [2]. I dispositivi ExpoM-ELF non sono influenzati dalla schermatura del corpo. Il vantaggio di questa configurazione di misura è che è possibile raccogliere una grande quantità di dati. Ci si muove negli ambienti di misurazione in modo simile a quello che la popolazione fa nella vita quotidiana.

Il confronto dei risultati delle misurazioni sui percorsi di quest'anno con gli ambienti di misurazione del rapporto del 2021 non consente di trarre conclusioni sullo sviluppo temporale delle immissioni di CEM, poiché le misurazioni non sono state effettuate negli stessi luoghi. Un'analisi dello sviluppo temporale delle immissioni di CEM tra il 2021 e il 2023 sarà pubblicata nel rapporto del prossimo anno, sulla base dei dati delle misurazioni sui percorsi negli stessi luoghi di misurazione.

I valori di CEM-HF in questo monitoraggio dell'esposizione rappresentano un livello di base a cui la popolazione svizzera è permanentemente esposta da fonti lontane dal corpo. Tuttavia, questi livelli non riflettono l'esposizione totale della popolazione che utilizza dispositivi wireless personali. Pertanto, l'esposizione personale è superiore ai valori documentati in questo studio. [19].

In sintesi, i valori misurati sono chiaramente inferiori ai valori limite di immissione, che sono decisivi per quanto riguarda gli effetti sulla salute. Nel complesso, la comprensione dell'esposizione alle NIR nella vita di tutti i giorni è notevolmente migliorata grazie a questi risultati e a quelli previsti per il futuro.

## 5° Bibliografia

- [1] Ufficio federale dell'ambiente, "Ordinanza sulla protezione dalle radiazioni non ionizzanti", 2022. [Online]. Disponibile: <https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/2000/38/de>.
- [2] SwissNIS, "Expositionsmessungen nichtionisierende Strahlung - Jahresbericht 2021 - Projektkonsortium SwissNIS", Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), 2022. Accesso: 5 giu 2023. [ Online]. Disponibile: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/elektrosmog/fachinformationen/elektrosmog-belastung/nis-expositionsmessungen.html>
- [3] Ufficio federale di statistica, "Tipologia comunale e tipologia urbana/rurale", 2012. [ Online]. Disponibile: <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/raum-umwelt/nomenklaturen/gemtyp.html>.
- [4] Ufficio federale dell'ambiente. "Ricerca sugli effetti delle NIR sulla salute e sull'ambiente - effetti delle immissioni delle stazioni base di telefonia mobile e dei trasmettitori radio sul benessere, il comportamento e le capacità cognitive degli adolescenti: studio prospettico di coorte con studio panel incorporato". <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/elektrosmog/fachinformationen/forschung.htm#-224531633> (accesso 2023).
- [5] M. Eeftens, B. Struchen, K. Roser, M. Zahner, J. Frohlich e M. Roosli, "Dealing with crosstalk in electromagnetic field measurements of portable devices", *Bioelectromagnetics*, vol. 39, no. 7, pp. 529-538, Oct 2018, doi: 10.1002/bem.22142.  
[Joint Committee for Guides in Metrology, "Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement" *JCGM*, 2008. Available: [https://www.bipm.org/documents/20126/2071204/JCGM\\_100\\_2008\\_E.pdf/cb0ef43f-baa5-11cf-3f85-4dcd86f77bd6](https://www.bipm.org/documents/20126/2071204/JCGM_100_2008_E.pdf/cb0ef43f-baa5-11cf-3f85-4dcd86f77bd6).
- [7] M. Eeftens, S. Dongus, A. Burgler, M. Roosli e A. team, "A real-world quality assessment study in six ExpoM-RF measurement devices", *Environ Res*, vol. 182, p. 109049, Mar 2020. doi: 10.1016/j.envres.2019.109049.
- [8] H. Jalilian, M. Eeftens, M. Ziaei e M. Roosli, "Public exposure to radiofrequency electromagnetic fields in everyday microenvironments: An updated systematic review for Europe", *Environ Res*, vol. 176, p. 108517, Sep 2019, doi: 10.1016/j.envres.2019.05.048.
- [9] S. Sagar *et al*, "Radiofrequency electromagnetic field exposure in everyday microenvironments in Europe: A systematic literature review", *J Expo Sci Environ Epidemiol*, vol. 28, no. 2, pp. 147-160. Mar 2018, doi: 10.1038/jes.2017.13.
- [10] M. Velghe, W. Joseph, S. Debouvere, R. Aminzadeh, L. Martens e A. Thielens, "Characterisation of spatial and temporal variability of CEM-HF exposure levels in urban environments in Flanders, Belgium," *Environ Res*, vol. 175, pp. 351-366, Aug 2019, doi: 10.1016/j.envres.2019.05.027.
- [11] L. E. Birks *et al*, "Spatial and temporal variability of personal environmental exposure to radio frequency electromagnetic fields in children in Europe", *Environ Int*, vol. 117, pp. 204-214, Aug 2018, doi: 10.1016/j.envint.2018.04.026.
- [12] M. Bonato, E. Chiaramello, M. Parazzini, P. Gajsek e P. Ravazzani, "Extremely Low Frequency Electric and Magnetic Fields Exposure: Survey of Recent Findings", *Ieee J Electromag Rf*, 1 maggio 2023, doi: 10.1109/Jerm.2023.3268555.

- [13] H. Jalilian, K. Najafi, M. Monazzam, Y. Khosravi e Z. Zamanian, "Assessment of static and extremely low-frequency magnetic fields in the electric-powered trains", *International Journal of Occupational Hygiene*, vol. 9, n. 2, pp. 105-112, 2017.
- [14] C. Schmutz *et al*, "Personal radiofrequency electromagnetic field exposure of adolescents in the Greater London area in the SCAMP cohort and the association with restrictions on permitted use of mobile communication technologies at school and at home", *Environ Res*, vol. 212, no. Pt B, p. 113252, Sep 2022, doi: 10.1016/j.envres.2022.113252.
- [15] L. van Wel, R. Vermeulen, M. van Eijsden, T. Vrijkotte, H. Kromhout, and A. Huss, "Radiofrequency exposure levels in Amsterdam schools," *Bioelectromagnetics*, vol. 38, no. 5, pp. 397-400. Jul 2017, doi: 10.1002/bem.22053.
- [16] M. Gallastegi *et al*, "Exposure to extremely low and intermediate-frequency magnetic and electric fields among children from the INMA-Gipuzkoa cohort", *Environmental Research*, vol. 157, pp. 190-197, Aug 2017, doi: 10.1016/j.envres.2017.05.027.
- [17] B. Struchen, I. Liorni, M. Parazzini, S. Gangler, P. Ravazzani, and M. Roosli, "Analysis of personal and bedroom exposure to ECM-BFs in children in Italy and Switzerland," *J Expo Sci Environ Epidemiol*, vol. 26, no. 6, pp. 586-596, Nov 2016, doi: 10.1038/jes.2015.80.
- [18] A. Reichenbach, "Elektrosmog in der Umwelt", *Agenzia svizzera per l'ambiente, le foreste e il paesaggio UFARP*, 2005. [Online]. Disponibile: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/elektrosmog/publikationen-studien/publikationen/elektrosmog-in-der-umwelt.html>.
- [19] L. van Wel *et al*, "Radio-frequency electromagnetic field exposure and contribution of sources in the general population: an organ-specific integrative exposure assessment", *J Expo Sci Environ Epidemiol*, vol. 31, no. 6, pp. 999-1007, Nov 2021, doi: 10.1038/s41370-021-00287-8.

## 6° Fonti di dati

Tabella 10: Set di dati utilizzati per la pianificazione dei percorsi e dei siti di misura, con le relative fonti di riferimento e la licenza.

Informazioni	Fonte	Licenza
Posizione delle antenne telefonia mobile	geo.admin.ch	Pubblico
Ubicazione delle stazioni di trasmissione	geo.admin.ch	Pubblico
Coordinate Linee elettriche	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Swissgrid AG</li> <li>- Axpo Grid AG</li> <li>- Primeo Energy</li> <li>- Gruppo E SA</li> <li>- openinframap.org</li> </ul>	Con accordo di utilizzo dei dati o pubblico
Coordinate delle linee ferroviarie	geo.admin.ch (SwissTLM3D)	Pubblico
Tipologia comunale UST	Atlante statistico BFS	Pubblico
Tipologia comunale ARE	geo.admin.ch	Pubblico
Zone edificabili	geo.admin.ch	Pubblico
Tipologia di paesaggio	geo.admin.ch	Pubblico
Confini comunali	geo.admin.ch	Pubblico
Copertura del suolo CORINE	wsl.ch	Pubblico
Registro degli edifici e delle abitazioni (GWS) (contiene informazioni sulla popolazione)	UST	Contratto di utilizzo dei dati
Statistiche sull'edilizia e sulle abitazioni (GWS)	UST	Contratto di utilizzo dei dati

## Appendice

### I Glossario

Tabella 11: Glossario

Designazione	Descrizione
AC	Corrente alternata: corrente alternata
UFANO	Ufficio federale dell'ambiente
UST	Ufficio federale di statistica
DAB	Digital Audio Broadcasting: standard di trasmissione digitale per la radio.
DC	Corrente continua: corrente continua
DECT	Digital Enhanced Cordless Telecommunications: standard per le comunicazioni radio, utilizzato principalmente per i telefoni senza fili.
DL	Downlink: Flusso di dati dall'antenna radio mobile al telefono cellulare
ELF	Frequenza estremamente bassa: intervallo di frequenza compreso tra 3 e 30 Hz (secondo la definizione dell'Unione Internazionale delle Telecomunicazioni). In questo rapporto, il termine è utilizzato come proxy per tutte le frequenze inferiori a 100 kHz.
EMF	Campo elettromagnetico: termine collettivo che indica i campi elettromagnetici e le loro interazioni.
FFT	Trasformata rapida di Fourier: termine collettivo per le procedure matematiche di conversione del segnale tra spazio temporale e spazio di frequenza.
FM	Modulazione di frequenza: metodo di applicazione di un segnale utile a un segnale portante mediante variazioni della frequenza del segnale portante.
GIS	Sistema di geoinformazione
GPS	Global Positioning System: servizio di localizzazione satellitare
HF	Alta frequenza, utilizzata come sinonimo di RF in questo rapporto.
IQR	Intervallo interquartile: Intervallo interquartile (.75 percentile - .25 percentile)
IGW	Valore limite di emissione
ISM	Banda industriale, scientifica e medica: gamme di frequenza prive di licenza utilizzate per una serie di dispositivi tecnici (ad esempio Bluetooth, WiFi, forni a microonde).
ME	Microambiente / Mikroumgebung
MySQL	Sistema di gestione di database di Oracle
NF	Bassa frequenza, utilizzata in questo rapporto come sinonimo di ELF.
NIS / NIR	Radiazioni non ionizzanti
TRA-SPORTO PUBBLICO	Trasporto pubblico
PAM/PAMR	Radio mobile professionale: sistemi di comunicazione radio
Picco	Valore di picco (massimo)
Polycom	Rete radio svizzera basata su Tetrapol, sistema radio nazionale ufficiale delle autorità per la polizia, i servizi di emergenza, ecc.
R	Linguaggio di programmazione gratuito per applicazioni statistiche

Designazione	Descrizione
RF	Radiofrequenza: intervallo di frequenza non chiaramente definito (principalmente) nella gamma dei MHz e dei GHz, utilizzato per la maggior parte delle tecnologie di comunicazione.
RMS	radice quadrata media: valore matematico effettivo dell'intensità di campo dei campi alternati.
TDD	Time-division duplexing: Metodo di trasmissione in cui il flusso di dati tra due dispositivi (ad esempio, telefono cellulare e antenna del telefono cellulare) è ritardato in entrambe le direzioni (uplink e down-link) con la stessa frequenza.
Tetrapol	Sistema radio digitale sviluppato per applicazioni di sicurezza pubblica.
TV	Televisione: servizi televisivi
UL	Uplink: Flusso di dati dal telefono cellulare all'antenna del telefono cellulare
WiFi	Consorzio aziendale per la certificazione dei dispositivi WLAN, usato nel linguaggio comune come sinonimo di WLAN.
WLAN	Wireless Local Area Network: reti locali senza fili

## II Elenco delle comunità di localizzazione del microambiente

Tabella 12: Elenco dei comuni di ubicazione con il numero totale di microambienti per comune e suddivisi per tipologia di microambiente.

Comunità	Canton	Area industriale	centro urbano	area urbana centrale residenziale	area residenziale urbana decentrata	centro città periferico	area residenziale suburbana	Centro urbano rurale	Area residenziale rurale	regione agricola	Area sportiva/ricreativa	Riserva naturale	Area con stazione radio/TV	Totale
Allschwil	BL	1				1								2
Appenzello	AI							1						1
Arisdorf	BL							1	1					2
Avenches	VD							1	1					2
Basilea	BS		1	2	4									7
Belp	BE					1	1							2
Berna	BE	2	1	2	2						1			8
Bettingen	BS					1							1	2
Bourg-en-Lavaux	VD							1		1				2
Bowil	BE								1	1				2
Buttisholz	LU							1	1	1				3
Chatillon	JU								1					1
Cheseaux-Noreaz	VD						1					1		2
Coira	GR		1											1
Deitingen	SO							1	2					3
Delemont	JU	1				1	1							3
Disentis	GR							1	1	1				3
Dulliken	SO						2						1	3
Erstfeld	UR					1	1							2
Ettiswil	LU							1	1					2
Felben	TG								1					1
Frauenfeld	TG	1				1	1				1			4
Freienbach	SZ					1	1							2
Friburgo	FR		1	1	1					1				4
Geneve	GE	1	1	1	2									5
Gerlafingen	SO					1	1							2
Glarona	GL					1	2							3
Gonten	AI									1				1
Grolley	FR								1					1

Comunità	Canton	Area industriale	centro urbano	area urbana centrale residenziale	area residenziale urbana decentrata	centro città periferico	area residenziale suburbana	Centro urbano rurale	Area residenziale rurale	regione agricola	Area sportiva/ricreativa	Riserva naturale	Area con stazione radio/TV	Totale
Herisau	AR					1	1							2
Kehrsatz	BE					1	2							3
Landquart	GR					1	2							3
Langnau	BE	1						1	1					3
Losanna	VD	1												1
Liestal	BL	1				1	2							4
Lucerna	LU		1	1	2						1			5
Marly	FR						1							1
Neuhausen	SH	1				1	1					1		4
Niedergoesgen	SO	1				1								2
Pully	VD					1	1							2
Rossemaison	JU								1			1		2
Ruete	AI								1					1
Sciaffusa	SH		1											1
Svitto	SZ					1	2							3
Selzach	SO							1	1					2
Soletta	SO		1	1	2									4
San Gallo	SG	1	1	1	3									6
Unterbaech	VS								1					1
Visp	VS					1	1							2
Vully-les-Lacs	VD							1	1				1	3
Walchwil	ZG							1	1					2
Winterthur	ZH	1	1	1	2									5
Wohlen	BE					1	2							3
Yverdon	VD	1				1	1				1			4
Zermatt	VS					1	2							3
Zernez	GR							1	1					2
Totale		14	10	10	18	21	29	13	19	6	4	3	3	150

## Ambienti di misurazione interni/pubblici

Tabella 13: Elenco dei comuni del sito con il numero totale di tipi di ambiente misurati per comune e suddivisi per tipo di ambiente misurato o aree pubbliche.

Comunità	Canton	Stazione	Fermata del tram	Fermata dell'autobus	PF/UNI/SUP	Supermercato	Ristorante	Biblioteca	Totale
Allschwil	BL	0	0	0	0	0	1	0	1
Appenzello	AI	1	0	0	0	0	1	0	2
Arisdorf	BL	0	0	0	0	0	1	0	1
Basilea	BS	2	2	0	0	0	0	0	4
Belp	ESSERE	1	0	0	0	0	1	0	2
Berna	BE	5	1	0	0	0	0	0	6
Bourg-en-Lavaux	VD	1	0	0	0	0	0	0	1
Bowil	ESSERE	1	0	0	0	0	1	0	2
Coira	GR	0	0	1	3	0	0	0	4
Delemont	JU	0	0	0	0	1	2	0	3
Disentis	GR	1	0	0	0	1	0	0	2
Erstfeld	UR	0	0	0	0	1	0	0	1
Ettiswil	LU	0	0	1	0	0	0	0	1
Frauenfeld	TG	0	0	0	0	1	2	0	3
Freienbach	SZ	1	0	1	0	0	0	0	2
Friburgo	FR	0	0	3	0	0	1	0	4
Geneve	GE	3	1	0	0	0	0	1	5
Glarona	GL	1	0	0	0	1	0	0	2
Grolley	FR	1	0	0	0	0	0	0	1
Landquart	GR	0	0	0	0	1	0	0	1
Langnau	BE	1	0	0	0	0	0	0	1
Losanna	VD	1	0	1	0	0	1	0	3
Liestal	BL	2	0	1	0	1	0	0	4
Lucerna	LU	0	0	2	0	0	0	0	2
Neuhausen	SH	0	0	1	0	0	0	0	1
Olten	SO	0	0	0	3	0	0	0	3
Riehen	BS	0	0	2	0	0	0	0	2
Ruete	AI	0	0	0	0	1	0	0	1
Sciaffusa	SH	0	0	1	0	0	1	0	2
Svitto	SZ	0	0	2	0	0	1	0	3
Soletta	SO	2	0	0	0	1	1	0	4
San Gallo	SG	1	0	2	0	0	2	0	5

Comunità	Canton	Stazione	Fermata del tram	Fermata dell'autobus	PF/UNI/SUP	Supermercato	Ristorante	Biblioteca	Totale
Visp	VS	1	0	0	0	0	0	0	1
Winterthur	ZH	1	0	2	0	1	0	0	4
Wohlen	BE	0	0	2	0	1	1	0	4
Yverdon	VD	1	0	0	0	0	1	0	2
<b>Totale</b>		<b>28</b>	<b>4</b>	<b>22</b>	<b>6</b>	<b>11</b>	<b>18</b>	<b>1</b>	<b>90</b>

### III Parametri statistici delle misurazioni sui percorsi

#### 3.1.1 Panoramica generale - Esposizione ad HF

Tabella 14: Parametri statistici (in V/m) dell'esposizione totale a CEM-HF (RMS). "n" indica il numero di punti dati per tipo di ambiente di misura. "N" indica il numero di ambienti di misura dello stesso tipo.

	Ambiente misurato	N	n	min	Q05	Q25	Mediano	Q75	Q95	mas- simo
Microambienti	Area industriale	14	2421	0.05	0.10	0.18	0.29	0.46	0.80	2.85
	centro urbano	10	1677	0.03	0.06	0.14	0.24	0.39	0.88	6.02
	area urbana centrale residenziale	10	1617	0.02	0.06	0.12	0.20	0.34	0.69	3.66
	Area sportiva/ricreativa	4	659	0.08	0.10	0.13	0.17	0.22	0.40	1.40
	area agricola*	9	1500	0.02	0.03	0.09	0.16	0.46	1.55	2.46
	centro città periferico	21	3392	0.02	0.05	0.10	0.15	0.24	0.49	2.23
	area residenziale urbana decentrata	18	2987	0.02	0.04	0.09	0.15	0.26	0.51	2.08
	area residenziale suburbana	29	4804	0.02	0.03	0.07	0.13	0.24	0.51	1.41
	Area residenziale rurale	20	3178	0.01	0.02	0.05	0.10	0.19	0.45	2.21
	Centro urbano rurale	13	2072	0.02	0.03	0.05	0.08	0.13	0.28	0.84
	Riserva naturale	3	470	0.02	0.03	0.05	0.07	0.13	0.27	0.52
aree pubbliche	Ambiente misurato	N	n	min	Q05	Q25	Mediano	Q75	Q95	mas- simo
	Fermata del tram	4	434	0.09	0.16	0.27	0.38	0.49	0.67	1.65
	Fermata dell'autobus	22	2020	0.05	0.11	0.21	0.35	0.49	1.21	10.39
	Stazione	28	2612	0.02	0.07	0.17	0.29	0.52	1.12	3.53
	PF/UNI/SUP	6	860	0.02	0.03	0.05	0.23	0.49	0.84	1.37
	Ristorante	18	3389	0.02	0.04	0.08	0.20	0.49	0.91	6.11
	Scuola	16	2239	0.01	0.02	0.05	0.10	0.21	0.43	1.36
	Supermercato	11	1234	0.02	0.02	0.04	0.06	0.11	0.26	1.06
Biblioteca	1	129	0.02	0.02	0.03	0.05	0.08	0.14	0.31	
Mezzi di trasporto	Ambiente misurato	N	n	min	Q05	Q25	Mediano	Q75	Q95	mas- simo
	Metro	3	187	0.10	0.13	0.22	0.29	0.39	0.70	1.09
	Tram	97	787	0.05	0.10	0.17	0.24	0.36	0.62	1.42
	Treno	7	26480	0.01	0.06	0.15	0.24	0.37	0.70	3.04
	Autobus	57	5961	0.02	0.06	0.13	0.20	0.30	0.60	2.41
	Funivia	2	141	0.03	0.03	0.06	0.12	0.18	0.26	0.33

30.08.2023

Tabella 15: Contributo medio (%) delle diverse sorgenti RF (DL = downlink, UL = uplink, TDD = time division duplex) all'esposizione totale ai campi elettromagnetici RF (RMS). RMS (V/m) indica il valore quadratico medio calcolato secondo l'equazione (4). "N" indica il numero di ambienti di misura dello stesso tipo. "n" indica il numero di punti dati per tipo di ambiente di misura.

	Ambiente misurato	N	n	RMS (V/m)	DL (%)	UL (%)	TDD (%)	Trasmisione (%)	WLAN (%)	DECT (%)
Microambienti	Area industriale	14	2421	0.43	88.0	0.1	3.4	8.2	0.2	0.1
	centro urbano	10	1677	0.48	83.8	0.1	0.9	2.7	0.5	12.0
	area urbana centrale residenziale	10	1617	0.4	95.8	0.3	0.7	2.8	0.4	0.1
	Area sportiva/ricreativa	4	659	0.24	80.8	0.1	0.2	18.7	0.2	0.0
	area agricola*	9	1500	0.62	2.7	0.0	0.0	97.2	0.0	0.0
	centro città periferico	21	3392	0.25	74.0	0.1	2.0	23.3	0.5	0.1
	area residenziale urbana decentrata	18	2987	0.26	86.5	0.1	1.4	11.2	0.6	0.1
	area residenziale suburbana	29	4804	0.24	60.6	0.1	1.3	37.5	0.4	0.1
	Area residenziale rurale	20	3178	0.22	77.3	0.1	0.6	21.6	0.3	0.0
	Centro urbano rurale	13	2072	0.14	48.2	0.2	1.1	48.9	1.1	0.5
Riserva naturale	3	470	0.13	54.5	0.5	1.0	42.9	1.0	0.0	
aree pubbliche	Ambiente misurato	N	n	RMS (V/m)	DL (%)	UL (%)	TDD (%)	Trasmisione (%)	WLAN (%)	DECT (%)
	Fermata del tram	4	434	0.43	90.7	0.1	3.2	4.4	1.4	0.3
	Fermata dell'autobus	22	2020	0.73	93.4	0.3	0.8	5.1	0.3	0.2
	Stazione	28	2612	0.54	73.4	0.7	4.0	20.5	0.9	0.4
	PF/UNI/SUP	6	860	0.42	91.0	1.1	2.3	3.8	1.6	0.2
	Ristorante	18	3389	0.43	94.9	1.6	0.2	0.9	1.8	0.5
	Scuola	16	2239	0.21	72.0	1.5	1.5	19.3	5.4	0.4
	Supermercato	11	1234	0.13	68.3	5.2	0.3	2.5	12.8	10.9
Biblioteca	1	129	0.08	38.6	5.3	0.4	33.1	22.6	0.1	
Mezzi di trasporto	Ambiente misurato	N	n	RMS (V/m)	DL (%)	UL (%)	TDD (%)	Trasmisione (%)	WLAN (%)	DECT (%)
	Metro	3	187	0.37	10.6	66.6	0.0	0.6	22.2	0.0
	Tram	97	787	0.36	74.4	6.7	5.8	4.7	8.1	0.3
	Treno	7	26480	0.34	44.5	35.0	5.6	1.2	13.6	0.1
	Autobus	57	5961	0.32	60.3	8.0	4.2	20.9	6.5	0.2
	Funivia	2	141	0.15	67.3	15.7	1.1	12.4	3.5	0.1

Tabella 16: Parametri statistici (in V/m) dell'esposizione totale a CEM-HF (picco). "n" indica il numero di punti dati per tipo di ambiente di misura. "N" indica il numero di ambienti di misura dello stesso tipo.

	Ambiente misurato	N	n	min	Q05	Q25	Mediano	Q75	Q95	mas- simo
Microambienti	Area industriale	14	2419	0.18	0.50	1.00	1.71	2.88	5.12	18.13
	centro urbano	10	1675	0.11	0.25	0.68	1.21	2.10	5.23	16.89
	area urbana centrale residenziale	10	1616	0.09	0.26	0.58	1.10	1.84	3.71	26.25
	centro città periferico	21	3391	0.08	0.20	0.42	0.74	1.28	2.80	7.92
	area residenziale urbana decen- trata	18	2990	0.07	0.12	0.38	0.71	1.31	2.73	10.38
	Area sportiva/ricreativa	4	659	0.24	0.38	0.52	0.70	1.18	2.90	6.53
	area agricola*	9	1498	0.07	0.12	0.32	0.67	1.70	6.96	12.27
	area residenziale suburbana	29	4809	0.06	0.11	0.26	0.55	1.13	2.80	9.01
	Area residenziale rurale	20	3178	0.05	0.09	0.19	0.42	0.93	2.49	8.00
	Centro urbano rurale	13	2072	0.06	0.10	0.17	0.30	0.59	1.47	3.05
Riserva naturale	3	470	0.06	0.10	0.14	0.22	0.57	1.77	2.80	
aree pubbliche	Ambiente misurato	N	n	min	Q05	Q25	Mediano	Q75	Q95	mas- simo
	Fermata del tram	4	432	0.42	0.76	1.47	1.96	2.56	3.46	6.73
	Fermata dell'autobus	22	2022	0.16	0.41	1.06	1.83	3.19	6.49	63.66
	Stazione	28	2607	0.07	0.34	0.79	1.58	2.80	5.68	28.50
	PF/UNI/SUP	6	861	0.07	0.15	0.34	1.29	2.46	4.28	14.44
	Ristorante	18	3391	0.08	0.15	0.45	1.26	2.20	3.69	22.64
	Scuola	16	2241	0.06	0.11	0.27	0.52	1.18	2.65	9.61
	Supermercato	11	1234	0.06	0.13	0.27	0.46	0.84	1.85	7.59
Biblioteca	1	130	0.07	0.09	0.13	0.23	0.58	1.54	5.25	
Mezzi di trasporto	Ambiente misurato	N	n	min	Q05	Q25	Mediano	Q75	Q95	mas- simo
	Metro	3	187	0.37	0.75	1.11	1.58	2.25	3.41	6.82
	Treno	97	26486	0.03	0.31	0.90	1.52	2.41	4.58	18.88
	Tram	7	787	0.17	0.48	1.02	1.50	2.18	3.66	6.78
	Autobus	57	5956	0.09	0.28	0.69	1.14	1.84	3.57	11.49
	Funivia	2	142	0.09	0.11	0.35	0.64	1.01	1.58	2.01

30.08.2023

Tabella 17: Contributo medio (%) delle diverse sorgenti RF (DL = downlink, UL = uplink, TDD = time division duplex) all'esposizione totale ai campi elettromagnetici RF (picco). RMS (V/m) indica il valore quadratico medio calcolato secondo l'equazione (4). "N" indica il numero di ambienti di misura dello stesso tipo. "n" indica il numero di punti dati per tipo di ambiente

	Ambiente misurato	N	n	RMS (V/m)	DL (%)	UL (%)	TDD (%)	Trasmisione (%)	WLAN (%)	DECT (%)
Microambienti	Area industriale	14	2419	2.68	73.6	0.0	23.5	2.6	0.3	0.1
	centro urbano	10	1675	2.58	90.7	0.2	7.5	0.7	0.9	0.1
	area urbana centrale residenziale	10	1616	2.20	93.5	0.1	4.9	1.0	0.6	0.0
	centro città periferico	21	3391	1.35	84.2	0.2	11.0	3.4	1.1	0.2
	area residenziale urbana decentrata	18	2990	1.32	76.4	0.1	12.3	10.1	1.1	0.1
	Area sportiva/ricreativa	4	659	1.31	92.7	0.4	0.5	5.9	0.4	0.1
	area agricola*	9	1498	2.68	5.2	0.0	0.1	94.6	0.1	0.0
	area residenziale suburbana	29	4809	1.30	65.1	0.0	17.9	16.4	0.4	0.0
	Area residenziale rurale	20	3178	1.12	87.7	0.1	4.3	7.0	0.9	0.0
	Centro urbano rurale	13	2072	0.67	62.0	0.3	8.8	26.1	2.6	0.2
Riserva naturale	3	470	0.72	66.3	3.3	16.9	9.2	4.4	0.0	
aree pubbliche	Ambiente misurato	N	n	RMS (V/m)	DL (%)	UL (%)	TDD (%)	Trasmisione (%)	WLAN (%)	DECT (%)
	Fermata del tram	4	432	2.22	80.3	0.3	16.5	0.6	2.1	0.2
	Fermata dell'autobus	22	2022	4.14	89.6	0.3	8.3	1.3	0.3	0.2
	Stazione	28	2607	2.94	69.1	1.0	24.3	3.5	1.9	0.2
	PF/UNI/SUP	6	861	2.14	70.1	3.0	14.2	1.9	10.7	0.1
	Ristorante	18	3391	2.05	85.5	2.7	0.4	4.2	6.7	0.5
	Scuola	16	2241	1.23	64.2	1.0	12.2	8.3	14.3	0.1
	Supermercato	11	1234	1.02	25.0	2.6	0.7	0.3	61.2	10.2
Biblioteca	1	130	0.84	8.2	1.0	0.1	1.7	89.0	0.0	
Mezzi di trasporto	Ambiente misurato	N	n	RMS (V/m)	DL (%)	UL (%)	TDD (%)	Trasmisione (%)	WLAN (%)	DECT (%)
	Metro	3	187	2.04	8.6	66.9	0.0	0.1	24.4	0.0
	Treno	97	26486	2.33	31.0	29.3	18.7	0.4	20.5	0.1
	Tram	7	787	1.98	54.8	8.3	27.4	2.1	7.3	0.2
	Autobus	57	5956	1.84	53.2	8.9	20.8	9.1	8.0	0.0
	Funivia	2	142	0.85	67.3	25.3	3.8	1.9	1.7	0.0

Tabella 18: Intervallo del carico medio delle misure CEM-HF RMS dei diversi ambienti di misura. Il valore medio del valore RMS è calcolato secondo l'equazione (9). Il minimo e il massimo indicano rispettivamente i valori RMS più bassi e più alti per ogni singolo ambiente di misura. "N" indica il numero di ambienti di misura dello stesso tipo.

	Ambiente misurato	N	Min (V/m)	Valori medi dell'RMS (V/m)	Max (V/m)
Microambienti	centro urbano	10	0.25	0.46	0.66
	area agricola*	9	0.08	0.44	1.26
	Area industriale	14	0.18	0.40	0.67
	area urbana centrale residenziale	10	0.17	0.36	0.78
	area residenziale urbana decentrata	18	0.03	0.24	0.34
	centro città periferico	21	0.09	0.23	0.40
	Area sportiva/ricreativa	4	0.15	0.22	0.35
	area residenziale suburbana	29	0.05	0.21	0.45
	Area residenziale rurale	20	0.03	0.18	0.55
	Centro urbano rurale	13	0.03	0.13	0.26
	Riserva naturale	3	0.08	0.12	0.19
aree pubbliche	Ambiente misurato	N	Min (V/m)	Valori medi dell'RMS (V/m)	Max (V/m)
	Fermata dell'autobus	22	0.11	0.54	2.09
	Stazione	28	0.07	0.46	1.16
	Fermata del tram	4	0.21	0.39	0.52
	PF/UNI/SUP	6	0.06	0.35	0.67
	Ristorante	18	0.03	0.30	0.93
	Scuola	16	0.04	0.17	0.49
	Supermercato	11	0.06	0.11	0.3
	Biblioteca	1	0.08	0.08	0.08
Mezzi di trasporto	Ambiente misurato	N	Min (V/m)	Valori medi dell'RMS (V/m)	Max (V/m)
	Metro	3	0.33	0.37	0.43
	Tram	97	0.04	0.34	1.34
	Treno	7	0.16	0.32	0.44
	Autobus	57	0.09	0.3	0.77
	Funivia	2	0.13	0.15	0.16

Tabella 19: Intervallo dei valori medi delle misurazioni CEM-HF di picco dei diversi ambienti di misura. Il valore medio è calcolato secondo l'equazione (9). Il minimo e il massimo indicano rispettivamente la media rms più bassa e più alta per ogni singolo ambiente di misura. "N" indica il numero di ambienti di misura dello stesso tipo.

	Ambiente misurato	N	Min (V/m)	Valori medi dell'RMS (V/m)	Max (V/m)
Microambienti	Area industriale	14	1.07	2.52	3.92
	centro urbano	10	1.30	2.39	4.33
	area urbana centrale residenziale	10	0.80	2.00	4.42
	area agricola*	9	0.29	1.84	5.71
	centro città periferico	21	0.40	1.28	1.96
	area residenziale urbana decentrata	18	0.11	1.23	2.01
	Area sportiva/ricreativa	4	0.63	1.15	2.13
	area residenziale suburbana	29	0.19	1.10	3.01
	Area residenziale rurale	20	0.12	0.92	2.54
	Centro urbano rurale	13	0.14	0.60	1.16
	Riserva naturale	3	0.21	0.57	1.21
aree pubbliche	Ambiente misurato	N	Min (V/m)	Valori medi dell'RMS (V/m)	Max (V/m)
	Fermata dell'autobus	22	0.38	2.93	12.38
	Stazione	28	0.22	2.47	5.85
	Fermata del tram	4	1.10	2.01	2.69
	PF/UNI/SUP	6	0.30	1.86	3.65
	Ristorante	18	0.16	1.47	3.99
	Scuola	16	0.26	1.09	2.50
	Supermercato	11	0.49	0.88	1.89
	Biblioteca	1	0.84	0.84	0.84
Mezzi di trasporto	Ambiente misurato	N	Min (V/m)	Valori medi dell'RMS (V/m)	Max (V/m)
	Treno	97	0.15	2.10	6.58
	Metro	3	1.75	2.02	2.52
	Tram	7	0.80	1.91	2.45
	Autobus	57	0.57	1.76	3.39
	Funivia	2	0.66	0.85	1.03

Tabella 20: Parametri statistici (in V/m) dell'esposizione totale a CEM-HF nelle aree agricole (RMS e picco). "n" indica il numero di punti dati per tipo di ambiente di misurazione. "N" indica il numero di ambienti di misura dello stesso tipo.

Area agricola* RMS	N	n	min	Q05	Q25	Mediano	Q75	Q95	mas-simo
Area agricola con radiotrasmittitore	3	485	0.08	0.17	0.48	0.79	1.33	1.88	2.46
Area agricola senza trasmettitore radio	6	1015	0.02	0.03	0.07	0.11	0.16	0.31	0.53
Area agricola* Picco	N	n	min	Q05	Q25	Mediano	Q75	Q95	mas-simo
Area agricola con radiotrasmittitore	3	484	0.12	0.38	1.29	2.81	5.71	8.84	12.27
Area agricola senza trasmettitore radio	6	1014	0.07	0.11	0.23	0.44	0.83	1.62	3.40

Tabella 21: Contributo medio (%) delle diverse sorgenti RF (DL = downlink, UL = uplink, TDD = time division duplex) all'esposizione totale ai campi elettromagnetici RF (RMS e picco) nelle aree agricole. RMS (V/m) indica il valore quadratico medio calcolato secondo l'equazione (4). "N" indica il numero di ambienti di misura dello stesso tipo. "n" indica il numero di punti dati per tipo di ambiente di misura.

Area agricola* RMS	N	n	RMS (V/m)	DL (%)	UL (%)	TDD (%)	Trasmis-sione (%)	WLAN (%)	DECT (%)
Area agricola con radiotrasmittitore	3	485	1.07	0.3	0.0	0.0	99.7	0.0	0.0
Area agricola senza trasmettitore radio	6	1015	0.15	56.9	0.1	0.4	42.1	0.4	0.1
Area agricola* Picco	N	n	RMS (V/m)	DL (%)	UL (%)	TDD (%)	Trasmis-sione (%)	WLAN (%)	DECT (%)
Area agricola con radiotrasmittitore	3	484	4.57	0.9	0.0	0.0	99.1	0.0	0.0
Area agricola senza trasmettitore radio	6	1014	0.80	76.6	0.0	0.8	20.2	1.6	0.0

Tabella 22: Intervallo di esposizione media delle misurazioni CEM-HF RMS e di picco nelle aree agricole. Il valore medio è calcolato secondo l'equazione (9). Il minimo e il massimo indicano rispettivamente la media RMS più bassa e più alta per ogni singolo ambiente di misurazione. "N" indica il numero di ambienti di misura dello stesso tipo.

Area agricola* RMS	N	Min (V/m)	Valori medi dell'RMS (V/m)	Max (V/m)
Area agricola con radiotrasmittitore	3	0.59	1.02	1.26
Area agricola senza trasmettitore radio	20	0.03	0.18	0.55
Area agricola* Picco	N	Min (V/m)	Valori medi dell'RMS (V/m)	Max (V/m)
Area agricola con radiotrasmittitore	3	1.19	4.10	5.71
Area agricola senza trasmettitore radio	6	0.29	0.72	1.21

### 3°1.2 Panoramica generale - Esposizione a NF

Tabella 23: Parametri statistici (in  $\mu\text{T}$ ) dell'esposizione totale a CM-BF. "n" indica il numero di punti dati per tipo di ambiente di misura. "N" indica il numero di ambienti misurati dello stesso tipo.

	Ambiente misurato	N	n	min	Q05	Q25	Mediano	Q75	Q95	mas- simo
Microambienti	centro urbano	10	1675	0.02	0.05	0.11	0.19	0.32	0.62	1.69
	area urbana centrale residenziale	10	1613	0.02	0.05	0.10	0.18	0.28	0.57	1.43
	Area industriale	14	2411	0.01	0.02	0.06	0.14	0.35	1.52	6.87
	area residenziale urbana decen- trata	18	2986	0.01	0.03	0.08	0.14	0.26	0.54	1.66
	centro città periferico	21	3380	0.02	0.03	0.07	0.13	0.26	0.55	1.52
	Centro urbano rurale	13	2067	0.01	0.02	0.05	0.12	0.20	0.44	1.53
	Area residenziale rurale	20	3177	0.01	0.02	0.04	0.09	0.16	0.33	3.49
	area residenziale suburbana	29	4794	0.01	0.02	0.04	0.09	0.18	0.40	1.87
	Riserva naturale	3	469	0.01	0.02	0.02	0.06	0.14	0.35	1.69
	Area sportiva/ricreativa	4	657	0.01	0.02	0.02	0.03	0.05	0.23	0.99
	area agricola*	9	1498	0.01	0.02	0.02	0.03	0.07	0.18	1.18
aree pubbliche	Ambiente misurato	N	n	min	Q05	Q25	Mediano	Q75	Q95	mas- simo
	Stazione	28	2604	0.02	0.04	0.12	0.39	1.00	2.99	16.26
	Fermata del tram	4	433	0.04	0.06	0.10	0.20	0.34	0.54	1.16
	Fermata dell'autobus	22	2013	0.02	0.03	0.09	0.16	0.28	0.60	2.23
	PF/UNI/SUP	6	860	0.02	0.02	0.03	0.14	0.36	0.87	2.35
	Supermercato	11	1231	0.02	0.02	0.04	0.06	0.09	0.20	0.69
	Ristorante	18	3381	0.01	0.02	0.03	0.05	0.13	0.45	1.40
	Biblioteca	1	128	0.02	0.02	0.02	0.03	0.05	0.15	0.25
Scuola	16	2234	0.01	0.02	0.02	0.03	0.06	0.16	0.35	
Mezzi di trasporto	Ambiente misurato	N	n	min	Q05	Q25	Mediano	Q75	Q95	mas- simo
	Treno	97	26424	0.01	0.06	0.20	0.44	1.21	5.87	21.77
	Tram	7	787	0.02	0.05	0.09	0.18	0.34	1.02	4.52
	Autobus	57	5947	0.01	0.03	0.05	0.08	0.15	0.46	5.94
	Metro	3	186	0.02	0.02	0.03	0.05	0.09	0.20	0.56
	Funivia	2	141	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.08	0.15

Tabella 24: Contributo medio (%) delle diverse sorgenti LF (corrente ferroviaria, alimentazione, corrente di ripple del tram) all'esposizione totale CM-BF. RMS (V/m) indica il valore quadratico medio calcolato secondo l'equazione (6). "N" indica il numero di ambienti di misura dello stesso tipo. "n" indica il numero di punti dati per tipo di ambiente di misura.

	Ambiente misurato	N	n	RMS (μT)	Corrente ferroviaria (16,6 Hz)	Alimentazione (50 Hz)	Corrente di ondula-zione del tram (300 Hz)
Microambienti	centro urbano	10	1675	0.31	3.9	93.2	3.0
	area urbana centrale residen- ziale	10	1613	0.28	4.1	93.3	2.6
	Area industriale	14	2411	0.71	12.9	86.3	0.7
	area residenziale urbana decen- trata	18	2986	0.26	40.6	59.4	0.0
	centro città periferico	21	3380	0.26	25.8	74.1	0.1
	Centro urbano rurale	13	2067	0.22	21.7	78.2	0.1
	Area residenziale rurale	20	3177	0.18	9.6	90.3	0.1
	area residenziale suburbana	29	4794	0.20	40.1	59.8	0.1
	Riserva naturale	3	469	0.20	91.9	8.0	0.1
	Area sportiva/ricreativa	4	657	0.12	12.3	87.0	0.7
	area agricola*	9	1498	0.09	16.8	82.9	0.3
aree pubbliche	Ambiente misurato	N	n	RMS (μT)	Corrente ferro- viaria (16,6 Hz)	Alimentazione (50 Hz)	Corrente di ondula- zione del tram (300 Hz)
	Stazione	28	2604	1.60	99.2	0.8	0.0
	Fermata del tram	4	433	0.29	2.7	56.5	40.8
	Fermata dell'autobus	22	2013	0.30	42.3	56.4	1.3
	PF/UNI/SUP	6	860	0.39	98.2	1.8	0.0
	Supermercato	11	1231	0.10	22.4	77.2	0.4
	Ristorante	18	3381	0.19	51.7	48.2	0.1
	Biblioteca	1	128	0.06	4.9	94.1	1.0
	Scuola	16	2234	0.07	74.0	25.2	0.8
Mezzi di trasporto	Ambiente misurato	N	n	RMS (μT)	Corrente ferro- viaria (16,6 Hz)	Alimentazione (50 Hz)	Corrente di ondula- zione del tram (300 Hz)
	Treno	97	26424	2.47	99.7	0.3	0.0
	Tram	7	787	0.55	34.5	37.4	28.2
	Autobus	57	5947	0.32	80.4	17.9	1.7
	Metro	3	186	0.11	79.5	18.1	2.4
	Funivia	2	141	0.03	16.9	79.7	3.4

Tabella 25: Intervallo dei valori medi delle misure CM-BF dei diversi ambienti di misura. Il valore medio è calcolato secondo l'equazione (10). Il minimo e il massimo indicano rispettivamente il valore medio più basso e quello più alto per ogni singolo ambiente di misura. "N" indica il numero di microambienti inclusi.

	Ambiente misurato	N	Minimo della media aritmetica ( $\mu\text{T}$ )	Valore medio della media aritmetica ( $\mu\text{T}$ )	Massimo della media aritmetica ( $\mu\text{T}$ )
Microambienti	Area industriale	14	0.07	0.34	1.48
	centro urbano	10	0.17	0.25	0.31
	area urbana centrale residenziale	10	0.15	0.23	0.32
	area residenziale urbana decentrata	18	0.06	0.20	0.33
	centro città periferico	21	0.08	0.19	0.32
	Centro urbano rurale	13	0.07	0.16	0.25
	area residenziale suburbana	29	0.06	0.14	0.32
	Area residenziale rurale	20	0.07	0.12	0.32
	Riserva naturale	3	0.02	0.11	0.22
	area agricola*	9	0.02	0.06	0.08
	Area sportiva/ricreativa	4	0.02	0.06	0.10
aree pubbliche	Ambiente misurato	N	Minimo della media aritmetica ( $\mu\text{T}$ )	Valore medio aritmetico ( $\mu\text{T}$ )	Massimo della media aritmetica ( $\mu\text{T}$ )
	Stazione	28	0.07	0.96	6.26
	PF/UNI/SUP	6	0.03	0.26	0.60
	Fermata del tram	4	0.09	0.25	0.35
	Fermata dell'autobus	22	0.03	0.22	0.50
	Ristorante	18	0.02	0.13	0.36
	Supermercato	11	0.04	0.08	0.18
	Scuola	16	0.02	0.06	0.14
	Biblioteca	1	0.05	0.05	0.05
Mezzi di trasporto	Ambiente misurato	N	Minimo della media aritmetica ( $\mu\text{T}$ )	Valore medio aritmetico ( $\mu\text{T}$ )	Massimo della media aritmetica ( $\mu\text{T}$ )
	Treno	97	0.03	1.23	8.99
	Tram	7	0.09	0.26	0.46
	Autobus	57	0.04	0.16	0.45
	Metro	3	0.05	0.07	0.10
	Funivia	2	0.02	0.03	0.03

### 3.1.3 Analisi supplementari nei treni - Esposizione HF e LF

Tabella 26: Parametri statistici (in V/m) dell'esposizione totale RMS (in alto) e di picco (in basso) a CEM-HF in base all'occupazione del treno. "n" indica il numero di punti dati per tipo di ambiente di misurazione. "N" indica il numero di ambienti misurati dello stesso tipo.

Occupazione del treno (RMS)	N	n	min	Q05	Q25	Mediano	Q75	Q95	mas-simo
alta	7	1802	0.12	0.22	0.33	0.44	0.61	0.94	1.99
media	32	9294	0.04	0.14	0.22	0.31	0.46	0.74	2.13
bassa	58	15384	0.01	0.04	0.11	0.17	0.27	0.53	3.04
Occupazione del treno (picco)	N	n	min	Q05	Q25	Mediano	Q75	Q95	mas-simo
alta	7	1802	0.51	1.24	2.04	3.01	4.09	6.38	10.37
media	32	9295	0.23	0.79	1.34	1.96	2.92	4.97	17.42
bassa	58	15389	0.03	0.17	0.65	1.15	1.85	3.29	18.88

Tabella 27: Contributo medio (%) delle diverse sorgenti RF (DL = downlink, UL = uplink, TDD = time division duplex) all'esposizione totale ai campi elettromagnetici RF (RMS e di picco) in base all'occupazione del treno. RMS (V/m) indica il valore quadratico medio calcolato secondo l'equazione (4). "N" indica il numero di ambienti di misura dello stesso tipo. "n" indica il numero di punti dati per tipo di ambiente di misura.

Occupazione del treno RMS	N	n	RMS (V/m)	DL (%)	UL (%)	TDD (%)	Trasmis-sione (%)	WLAN (%)	DECT (%)
alta	7	1802	0.55	12.6	53.6	13.0	0.1	20.6	0.1
media	32	9294	0.41	40.1	39.9	5.6	0.4	13.9	0.1
bassa	58	15384	0.30	61.9	22.2	2.7	2.5	10.6	0.1
Occupazione del treno (picco)	N	n	RMS (V/m)	DL (%)	UL (%)	TDD (%)	Trasmis-sione (%)	WLAN (%)	DECT (%)
alta	7	1802	3.67	6.5	35.4	33.7	0.0	24.2	0.1
media	32	9295	2.69	30.9	30.8	19.6	0.2	18.3	0.1
bassa	58	15389	1.84	42.6	24.5	10.5	0.9	21.6	0.1

Tabella 28: Parametri statistici (in  $\mu$ T) dell'esposizione totale a CM-BF in base all'occupazione del treno. "n" indica il numero di punti dati per occupazione del treno. "N" indica il numero di ambienti misurati dello stesso tipo.

Occupazione del treno NF	N	n	min	Q05	Q25	Mediano	Q75	Q95	mas-simo
bassa	58	15351	0.01	0.06	0.22	0.52	1.51	5.88	20.33
alta	7	1799	0.02	0.06	0.18	0.37	0.81	5.70	19.51
media	32	9274	0.02	0.07	0.17	0.37	0.89	5.87	21.77

Tabella 29 Contributo medio (%) delle diverse fonti di FA (corrente ferroviaria, alimentazione elettrica, corrente di ondulazione del tram) all'esposizione totale alla FA in base all'occupazione del treno. RMS (V/m) indica il valore quadratico medio calcolato secondo l'equazione (6). "N" indica il numero di ambienti misurati dello stesso tipo. "n" indica il numero di punti dati per tipo di ambiente di misura.

Occupazione del treno NF	N	n	RMS ( $\mu$ T)	Corrente ferroviaria	Alimentazione	Corrente di ondulazione del tram
bassa	58	15351	2.47	99.8	0.2	0.0
alta	7	1799	2.47	99.6	0.4	0.0
media	32	9274	2.48	99.9	0.1	0.0

### 3°1.4 Ulteriori analisi nelle scuole - esposizione a HF e NF

Tabella 30: Parametri statistici (in V/m) dell'esposizione totale RMS (in alto) e di picco (in basso) a CEM-HF nelle scuole. n" indica il numero di punti dati per tipo di ambiente di misurazione. "N" indica il numero di ambienti misurati dello stesso tipo.

Scuola RMS	N	n	min	Q05	Q25	Mediano	Q75	Q95	mas- simo
cortile - esterno con gli studenti	4	577	0.06	0.08	0.12	0.20	0.28	0.60	1.36
cortile - esterno senza studenti	5	761	0.02	0.03	0.06	0.10	0.25	0.47	1.13
cortile - interno con gli studenti	1	101	0.02	0.03	0.05	0.09	0.14	0.25	0.44
Corridoio	5	686	0.02	0.02	0.03	0.05	0.10	0.19	0.49
cortile - interno senza studenti	1	114	0.01	0.02	0.02	0.03	0.05	0.09	0.12
Scuola picco	N	n	min	Q05	Q25	Mediano	Q75	Q95	mas- simo
cortile - esterno con gli studenti	4	577	0.20	0.37	0.62	1.12	1.62	3.50	5.02
cortile - interno con gli studenti	1	101	0.09	0.21	0.39	0.69	1.30	2.61	5.49
cortile - esterno senza studenti	5	762	0.08	0.11	0.27	0.52	1.31	2.70	5.72
cortile - interno senza studenti	1	114	0.07	0.10	0.25	0.45	0.86	1.83	4.05
Corridoio	4	687	0.06	0.09	0.17	0.30	0.51	1.07	9.61

Tabella 31: Contributo medio (%) delle diverse sorgenti RF (DL = downlink, UL = uplink, TDD = time division duplex) all'esposizione totale ai campi elettromagnetici RF (RMS e picco) nelle scuole. RMS (V/m) indica il valore quadratico medio calcolato secondo l'equazione (4). "N" indica il numero di ambienti misurati dello stesso tipo. "n" indica il numero di punti dati per tipo di ambiente di misurazione.

Scuola RMS	N	n	RMS (V/m)	DL (%)	UL (%)	TDD (%)	Trasmis- sione (%)	WLAN (%)	DECT (%)
cortile - esterno con gli studenti	4	577	0.29	72.9	1.3	1.7	21.2	2.7	0.2
cortile - esterno senza studenti	5	761	0.23	78.2	0.1	1.5	17.6	1.8	0.7
cortile - interno con gli studenti	1	101	0.13	0.4	30.1	0.1	0.6	68.7	0.0
Corridoio	5	686	0.09	47.5	2.7	0.7	21.3	27.5	0.3
cortile - interno senza studenti	1	114	0.04	1.3	1.6	1.0	5.4	90.4	0.2
Scuola picco	N	n	RMS (V/m)	DL (%)	UL (%)	TDD (%)	Trasmis- sione (%)	WLAN (%)	DECT (%)

cortile - esterno con gli studenti	4	577	1.63	68.6	1.3	16.7	11.4	1.9	0.1
cortile - interno con gli studenti	1	101	1.34	0.1	4.2	0.0	0.1	95.6	0.0
cortile - esterno senza studenti	5	762	1.28	79.3	0.1	12.0	6.9	1.5	0.1
cortile - interno senza studenti	1	114	0.94	0.0	0.1	0.1	0.1	99.7	0.0
Corridoio	5	687	0.67	39.4	0.9	1.8	5.5	52.2	0.2

Tabella 32: Parametri statistici (in  $\mu\text{T}$ ) dell'esposizione totale a CM-BF nelle scuole. n indica il numero di punti dati nelle scuole. "N" indica il numero di ambienti misurati dello stesso tipo.

Scuola NF	N	n	min	Q05	Q25	Mediano	Q75	Q95	mas- simo
cortile - interno con gli studenti	1	101	0.02	0.02	0.03	0.05	0.11	0.13	0.16
cortile - interno senza studenti	1	114	0.02	0.02	0.03	0.04	0.07	0.12	0.18
cortile - esterno con gli studenti	4	574	0.01	0.02	0.02	0.04	0.08	0.16	0.24
Corridoio	5	687	0.01	0.02	0.02	0.03	0.04	0.17	0.35
cortile - esterno senza studenti	5	758	0.01	0.02	0.02	0.03	0.06	0.16	0.29

Tabella 33: Contributo medio (%) delle diverse sorgenti LF (corrente ferroviaria, alimentazione elettrica, corrente di ondula-  
 zione del tram) all'esposizione totale CM-BF nelle scuole. RMS (V/m) indica il valore quadratico medio calcolato in base  
 all'equazione (6). "N" indica il numero di ambienti misurati dello stesso tipo. "n" indica il numero di punti dati per tipo di  
 ambiente di misura.

Scuola NF	N	n	RMS ( $\mu\text{T}$ )	Corrente ferroviaria	Alimentazione	Corrente di on- dulazione del tram
cortile - interno con gli studenti	1	101	0.08	2.9	96.5	0.6
cortile - interno senza studenti	1	114	0.06	82.7	16.5	0.8
cortile - esterno con gli studenti	4	574	0.08	82.9	16.4	0.7
Corridoio	5	687	0.07	78.1	21.1	0.8
cortile - esterno senza studenti	5	758	0.07	4.6	94.3	1.0

## IV Parametri statistici delle misure spot

### 4.1 Parametri statistici dell'esposizione alle radiofrequenze

Tabella 34: Parametri statistici per la distribuzione dell'intensità del campo elettrico totale RF RMS per tutte le misurazioni, come mostrato nella metà sinistra della Figura 20. Figura 20 è mostrato. Il calcolo si basa sull'equazione (1). N indica il numero di misurazioni del sito e il numero di punti di dati valutati per ogni sorgente primaria è elencato sotto n. L'intervallo interquartile (IQR) indica l'intervallo in cui si trova il 50% dei valori medi dei dati. I quantili sono indicati con Q.

				Esposizione ai campi elettromagnetici a radiofrequenza (RMS) (V/m)							
Misura	Fonte primaria	N	n	min	Q05	Q25	Mediano	Q75	Q95	massimo	IQR
				Misura breve durata	Radio mobile	16	960	0.03	0.04	0.08	0.16
Radio/TV da 50 a 200 kW	1	60	0.19		0.19	0.2	0.26	0.28	0.31	0.38	0.08
Nessuna fonte primaria HF	14	840	0.04		0.04	0.09	0.13	0.19	0.27	0.43	0.10
misurazione mobile	Radio mobile	16	1480	0.02	0.04	0.08	0.13	0.24	0.6	1.76	0.16
	Radio/TV da 50 a 200 kW	1	100	0.05	0.05	0.08	0.12	0.2	0.27	0.42	0.12
	Nessuna fonte primaria HF	14	1400	0.02	0.03	0.05	0.08	0.14	0.39	1.13	0.09
Misura a lunga durata	Radio mobile	16	138297	0.02	0.04	0.06	0.12	0.18	0.88	1.79	0.12
	Radio/TV da 50 a 200 kW	1	8659	0.05	0.06	0.06	0.07	0.08	0.09	0.35	0.02
	Nessuna fonte primaria HF	14	121014	0.01	0.03	0.05	0.08	0.12	0.93	1.63	0.07

Tabella 35: Contributi percentuali dei diversi gruppi di servizi radio all'intensità del campo elettrico totale, come mostrato nella metà destra della Figura 20. Figura 20 è mostrato. Il calcolo viene effettuato secondo l'equazione (7). Sono stati considerati i seguenti gruppi di bande di frequenza: Downlink (DL), Uplink (UL), Time Division Duplex (TTD), Broadcast, WLAN e DECT. N indica il numero di misurazioni del sito e il numero di punti dati valutati per fonte primaria è elencato sotto n. La radice quadrata media (RMS) dell'intensità di campo totale è calcolata con l'equazione (4).

Misura di breve durata	Fonte primaria	N	n	RMS (V/m)	DL (%)	UL (%)	TDD (%)	Trasmissione (%)	WLAN (%)	DECT (%)
	Radio mobile	16	960	0.27	77.8	0.4	0.7	9.3	9.3	2.6

	Radio/TV da 50 a 200 kW	1	60	0.25	2	0.1	0	50.5	44.8	2.6
	Nessuna fonte primaria HF	14	840	0.16	26.3	0.7	0.2	26.8	36	10
misurazione mobile	Fonte primaria	N	n	RMS (V/m)	DL (%)	UL (%)	TDD (%)	Trasmis-sione (%)	WLAN (%)	DECT (%)
	Radio mobile	16	1480	0.27	78.7	0.1	0.5	13.2	7.2	0.3
	Radio/TV da 50 a 200 kW	1	100	0.16	5.3	0.1	0.2	62	29.7	2.7
	Nessuna fonte primaria HF	14	1400	0.18	46.1	1.7	0.6	31.3	17.4	2.9
Misura a lunga durata	Fonte primaria	N	n	RMS (V/m)	DL (%)	UL (%)	TDD (%)	Trasmis-sione (%)	WLAN (%)	DECT (%)
	Radio mobile	16	138297	0.35	92.7	0.1	1.1	5.2	0.4	0.5
	Radio/TV da 50 a 200 kW	1	8659	0.07	8.8	1.2	0.4	63.7	12.9	13.1
	Nessuna fonte primaria HF	14	121014	0.28	54.1	1	0.5	42.1	2.1	0.1

Tabella 36: Minimo, medio e massimo valore quadratico medio (RMS) di tutte le misurazioni all'interno di una categoria di sorgente primaria. I valori RMS sono calcolati secondo l'equazione (4) e il valore medio è calcolato secondo l'equazione (9). Come base sono state utilizzate le letture RMS dell'ExpoM-RF. I dati sono mostrati in Figura 21. Il numero di punti di misura è indicato con n e il numero di misurazioni del sito è espresso con N.

Misura breve durata	Fonte primaria	N	n	Min (V/m)	Valore medio del RMS (V/m)	Max (V/m)
	Radio mobile	16	960	0.04	0.21	0.61
	Radio/TV da 50 a 200 kW	1	60	0.25	0.25	0.25
	Nessuna fonte primaria HF	14	840	0.04	0.15	0.26
misurazione mobile	Fonte primaria	N	n	Min (V/m)	Valore medio del RMS (V/m)	Max (V/m)
	Radio mobile	16	1480	0.07	0.21	0.66
	Radio/TV da 50 a 200 kW	1	100	0.16	0.16	0.16
	Nessuna fonte primaria HF	14	1400	0.05	0.15	0.43
Misura a lunga durata	Fonte primaria	N	n	Min (V/m)	Valore medio del RMS (V/m)	Max (V/m)

					RMS (V/m)	
	Radio mobile	16	138297	0.05	0.2	1.23
	Radio/TV da 50 a 200 kW	1	8659	0.07	0.07	0.07
	Nessuna fonte primaria HF	14	121014	0.03	0.15	0.98

Tabella 37: Minimo, medio e massimo del valore quadratico medio di tutte le misurazioni all'interno di una categoria di sorgente primaria. I valori RMS sono calcolati secondo l'equazione (4) e il valore medio è calcolato secondo l'equazione (9). I valori di picco delle misurazioni dell'ExpoM-RF sono stati utilizzati come base. I dati sono mostrati in Figura 22 mostrato. Il numero di punti di misura è indicato da n e il numero di misurazioni del sito è espresso da N.

Misura	Fonte primaria	N	n	Min (V/m)	Valore medio del	
					RMS (V/m)	Max (V/m)
Misura breve durata	Radio mobile	16	960	0.26	1.42	4.19
	Radio/TV da 50 a 200 kW	1	60	2.4	2.4	2.4
	Nessuna fonte primaria HF	14	840	0.22	1.46	4.6
	Fonte primaria	N	n	Min (V/m)	Valore medio del RMS (V/m)	Max (V/m)
misurazione mobile	Radio mobile	16	1480	0.47	1.5	4.07
	Radio/TV da 50 a 200 kW	1	100	1.47	1.47	1.47
	Nessuna fonte primaria HF	14	1400	0.26	1.23	3.15
	Fonte primaria	N	n	Min (V/m)	Valore medio del RMS (V/m)	Max (V/m)
Misura a lungadurata	Radio mobile	16	138297	0.21	1.21	7.43
	Radio/TV da 50 a 200 kW	1	8659	0.46	0.46	0.46
	Nessuna fonte primaria HF	14	121014	0.12	1.05	7.04
	Fonte primaria	N	n	Min (V/m)	Valore medio del RMS (V/m)	Max (V/m)

## 4.2 Parametri statistici dell'esposizione a NF

Tabella 38: Parametri statistici per la distribuzione della densità di flusso magnetico totale CM-BF per tutte le misure parziali, come mostrato nella metà sinistra della Figura 23. Figura 23 è mostrato. Il calcolo si basa sull'equazione (2). N indica il numero di misurazioni stadiali e il numero di punti dati valutati per ogni sorgente primaria è elencato sotto n. L'intervallo interquartile (IQR) indica l'intervallo in cui si trova il 50% dei valori medi dei dati. I quantili sono indicati con Q. Nelle denominazioni delle sorgenti primarie, 1sp indica un binario singolo e 2sp un binario doppio.

				Esposizione a CM-BF ( $\mu$ T)							
	Fonte primaria	N	n	min	Q05	Q25	Me- diano	Q75	Q95	mas- simo	IQR
	Misurazione breve durata	Linee ferroviarie 2sp	3	180	0.02	0.04	0.06	0.1	0.19	0.4	1.02
Linee ferroviarie 1sp		3	180	0.02	0.03	0.04	0.05	0.07	0.15	0.44	0.03
Linee ferroviarie 1sp Tunnel		1	60	0.08	0.12	0.18	0.25	0.31	0.42	0.54	0.13
Linee di tram		1	60	0.02	0.02	0.03	0.04	0.05	0.07	0.09	0.02
Linea aerea 220/380kV		3	180	0.04	0.05	0.06	0.27	1.65	1.67	1.68	1.59
Linea aerea 36-150kV		2	120	0.02	0.02	0.02	0.09	0.18	0.23	0.28	0.16
Stazioni di trasformazione		1	60	0.04	0.04	0.07	0.09	0.11	0.14	0.16	0.04
Nessuna fonte primaria LF		17	1020	0.02	0.02	0.04	0.05	0.09	0.19	0.48	0.05
		Fonte primaria	N	n	min	Q05	Q25	Me- diano	Q75	Q95	mas- simo
misurazione mobile	Linee ferroviarie 2sp	3	300	0.03	0.04	0.07	0.1	0.18	0.35	0.93	0.11
	Linee ferroviarie 1sp	3	300	0.03	0.03	0.04	0.05	0.07	0.13	0.34	0.03
	Linee ferroviarie 1sp Tunnel	1	100	0.09	0.13	0.17	0.23	0.3	0.4	0.56	0.13
	Linee di tram	1	100	0.03	0.04	0.04	0.06	0.08	0.18	0.23	0.04
	Linea aerea 220/380kV	3	300	0.04	0.04	0.05	0.33	1.22	1.85	2.07	1.17
	Linea aerea 36-150kV	2	200	0.02	0.02	0.02	0.07	0.16	0.21	0.26	0.14
	Stazioni di trasformazione	1	100	0.03	0.04	0.05	0.07	0.1	0.13	0.16	0.05
	Nessuna fonte primaria LF	17	1617	0.01	0.02	0.04	0.05	0.1	0.21	0.56	0.06
		Fonte primaria	N	n	min	Q05	Q25	Me- diano	Q75	Q95	mas- simo
Misura a lunga durata	Linee ferroviarie 2 binari	3	25920	0.02	0.03	0.05	0.07	0.12	0.28	1.11	0.07
	Linee ferroviarie 1 binario	3	25920	0.01	0.02	0.03	0.05	0.07	0.16	0.78	0.04
	Linee ferroviarie 1 binario Tunnel	1	8640	0.05	0.1	0.13	0.18	0.23	0.34	0.76	0.1

Linee di tram	1	8640	0.03	0.04	0.06	0.09	0.13	0.25	0.77	0.07
Linea aerea 220/380kV	3	25823	0.01	0.03	0.11	0.3	1.51	1.86	2.07	1.4
Linea aerea 36-150kV	2	17280	0.01	0.02	0.03	0.09	0.18	0.22	1.87	0.15
Stazioni di trasformazione	1	8640	0.02	0.04	0.06	0.08	0.1	0.15	0.45	0.04
Nessuna fonte primaria LF	17	146880	0.01	0.02	0.03	0.05	0.09	0.19	1.26	0.06

Tabella 39: Contributi percentuali delle diverse sorgenti CM-BF alla densità di flusso magnetico totale, come mostrato nella metà destra della Figura 23. Figura 23 è mostrato. Il calcolo viene effettuato secondo l'equazione (8). Sono state considerate le seguenti categorie di sorgenti: Corrente ferroviaria, Alimentazione elettrica e Corrente di ondulatione del tram. N indica il numero di misurazioni del sito e il numero di punti dati valutati per ciascuna sorgente primaria è elencato sotto n. Il valore quadratico medio (RMS) della densità di flusso magnetico totale è calcolato con l'equazione (6). Per le denominazioni delle sorgenti primarie, 1sp significa traccia singola e 2sp significa traccia doppia.

	Fonte primaria	N	n	RMS ( $\mu$ T)	Corrente ferroviaria (%)	Alimentazione (%)	Corrente di ondulatione del tram (%)
Misurazione breve durata	Linee ferroviarie 2 binari	3	180	0.22	99.2	0.7	0.1
	Linee ferroviarie 1 binario	3	180	0.09	85.5	14	0.5
	Linee ferroviarie 1 binario Tunnel	1	60	0.27	75.5	24.5	0
	Linee di tram	1	60	0.04	65.5	31.6	3
	Linea aerea 220/380kV	3	180	0.97	0	100	0
	Linea aerea 36-150kV	2	120	0.13	34.9	64.9	0.2
	Stazioni di trasformazione	1	60	0.1	23.1	76.7	0.2
	Nessuna fonte primaria LF	17	1020	0.1	66.9	32.7	0.4
misurazione mobile	Linee ferroviarie 2sp	3	300	0.18	98.1	1.8	0.1
	Linee ferroviarie 1sp	3	300	0.08	79.2	20.2	0.6
	Linee ferroviarie 1sp Tunnel	1	100	0.26	70.1	29.8	0.1
	Linee di tram	1	100	0.09	66.4	30.7	3
	Linea aerea 220/380kV	3	300	0.9	0	100	0
	Linea aerea 36-150kV	2	200	0.12	34.4	65.3	0.3
	Stazioni di trasformazione	1	100	0.08	23.7	75.9	0.4
	Nessuna fonte primaria LF	17	1617	0.11	60.7	38.9	0.4

Misura a lunga durata	Fonte primaria	N	n	RMS ( $\mu\text{T}$ )	Corrente ferroviaria (%)	Alimentazione (%)	Corrente di ondulazione del tram (%)
	Linee ferroviarie 2sp	3	25920	0.14	97.4	2.4	0.2
	Linee ferroviarie 1sp	3	25920	0.09	86.3	13.2	0.5
	Linee ferroviarie 1sp Tunnel	1	8640	0.21	58.9	41	0.1
	Linee di tram	1	8640	0.13	78.7	17.4	4
	Linea aerea 220/380kV	3	25823	0.97	0	100	0
	Linea aerea 36-150kV	2	17280	0.13	25.3	74.5	0.2
	Stazioni di trasformazione	1	8640	0.09	12.2	87.5	0.3
	Nessuna fonte primaria LF	17	146880	0.1	54	45.6	0.4

Tabella 40: Minimo, medio e massimo della media aritmetica della densità di flusso magnetico per ciascuna sorgente primaria. I valori medi aritmetici sono calcolati secondo l'equazione (5) e il valore medio è calcolato secondo l'equazione (10). I dati sono mostrati nella Figura 24 mostrato. Il numero di punti di misura è indicato con n e il numero di misurazioni del sito è espresso con N.

Misura breve durata	Fonte primaria	N	n	Minimo della media aritmetica ( $\mu\text{T}$ )	Valore medio della media aritmetica ( $\mu\text{T}$ )	Massimo della media aritmetica ( $\mu\text{T}$ )
	Linee ferroviarie 2sp	3	180	0.07	0.16	0.27
	Linee ferroviarie 1sp	3	180	0.05	0.07	0.08
	Linee ferroviarie Galleria 1sp	1	60	0.25	0.25	0.25
	Linee di tram	1	60	0.04	0.04	0.04
	Linea aerea 220/380kV	3	180	0.05	0.66	1.66
	Linea aerea 36-150kV	2	120	0.02	0.1	0.19
	Stazioni di trasformazione	1	60	0.09	0.09	0.09
	Nessuna fonte primaria LF	17	1020	0.03	0.07	0.24

misurazione mobile	Fonte primaria	N	n	Minimo della media aritmetica ( $\mu\text{T}$ )	Valore medio della media aritmetica ( $\mu\text{T}$ )	Massimo della media aritmetica ( $\mu\text{T}$ )
	Linee ferroviarie 2sp	3	300	0.08	0.14	0.2
	Linee ferroviarie 1sp	3	300	0.04	0.06	0.08

	Linee ferroviarie Galleria 1sp	1	100	0.25	0.25	0.25
	Linee di tram	1	100	0.07	0.07	0.07
	Linea aerea 220/380kV	3	300	0.05	0.62	1.48
	Linea aerea 36-150kV	2	200	0.02	0.09	0.16
	Stazioni di trasformazione	1	100	0.08	0.08	0.08
	Nessuna fonte primaria LF	17	1617	0.02	0.08	0.24
Misura a lunga durata	Fonte primaria	N	n	Minimo della media aritmetica ( $\mu\text{T}$ )	Valore medio della media aritmetica ( $\mu\text{T}$ )	Massimo della media aritmetica ( $\mu\text{T}$ )
	Linee ferroviarie 2sp	3	25920	0.07	0.1	0.15
	Linee ferroviarie 1sp	3	25920	0.04	0.06	0.09
	Linee ferroviarie Galleria 1sp	1	8640	0.19	0.19	0.19
	Linee di tram	1	8640	0.11	0.11	0.11
	Linea aerea 220/380kV	3	25823	0.07	0.68	1.65
	Linea aerea 36-150kV	2	17280	0.03	0.1	0.17
	Stazioni di trasformazione	1	8640	0.08	0.08	0.08
	Nessuna fonte primaria LF	17	146880	0.02	0.07	0.19

## V Elenco dei punti di misurazione spot

Tabella 41: Elenco delle misure spot con comune di ubicazione, ID del microambiente e uso dell'edificio.

ID spot	Comunità	Fonte primaria	Tipo di casa	Uso dell'edificio Luogo di misurazione	Uso dell'edificio sopra	Uso dell'edificio sotto
spot_SN025	Gonten	Linea aerea 36-150kV	unifamiliare indipendente	Abitazione	Abitazione	Cantina
spot_mp001	Lungern	Linea aerea 220/380kV	Casa colonica	Abitazione	Abitazione	senza seminterrato
spot_mp002	Münchenstein	Linea aerea 220/380kV	unifamiliare indipendente	Abitazione	Abitazione	senza seminterrato
spot_mp003	Münchenstein	Linee di tram	plurifamiliare	Abitazione	Abitazione	Abitazione
spot_mp005	Dübendorf	Linee ferroviarie 2sp	Casa bifamiliare	Abitazione	Abitazione	Cantina
spot_mp013	Zurigo	Telefonia mobile	plurifamiliare	Abitazione	nessuno	Abitazione
spot_mp013A	Zurigo	Telefonia mobile	plurifamiliare	Abitazione	Abitazione	Cantina
spot_mp017	Dübendorf	Telefonia mobile	plurifamiliare	Abitazione	Abitazione	Abitazione
spot_mp017A	Dübendorf	Telefonia mobile	plurifamiliare	Abitazione	Abitazione	Abitazione
spot_mp018	Zurigo	Telefonia mobile	plurifamiliare	Abitazione	nessuno	Abitazione
spot_mp018A	Zurigo	Radio mobile	plurifamiliare	Abitazione	Abitazione	Cantina
spot_mp019	Soletta	Linee ferroviarie 1 bin	unifamiliare indipendente	Abitazione	Abitazione	Abitazione
spot_mp020	Zermatt	Linee ferroviarie 1 bin	plurifamiliare	Abitazione	Sottotetto	Abitazione
spot_mp021	Deitingen	Linee ferroviarie 2 bin	plurifamiliare	Abitazione	Sottotetto	Abitazione
spot_mp024	Svitto	Radio mobile	altro	Abitazione	nessuno	Abitazione
spot_mp032	Herisau	Radio mobile	Casa a schiera	Abitazione	Sottotetto	Abitazione
spot_mp033	Brienz	Radio mobile	unifamiliare indipendente	Abitazione	Abitazione	Abitazione
spot_mp034	Winterthur	Radio mobile	plurifamiliare	Abitazione	Sottotetto	Abitazione
spot_mp034A	Winterthur	Radio mobile	plurifamiliare	Abitazione	Abitazione	Cantina
spot_mp040	Landquart	Radio mobile	plurifamiliare	Abitazione	Abitazione	Abitazione
spot_mp041	Erstfeld	Linee ferroviarie 2sp	unifamiliare indipendente	Abitazione	Abitazione	Cantina
spot_mp043	Pfäffikon	Radio mobile	plurifamiliare	Abitazione	Abitazione	Abitazione
spot_mp044	San Gallo	Radio mobile	plurifamiliare	Abitazione	Abitazione	Abitazione
spot_mp046	Ennenda	Linee ferroviarie 1sp	Casa a schiera	Abitazione	Abitazione	Abitazione
spot_mp050	Disentis	Linee ferroviarie 1sp Tunnel	Casa bifamiliare	Abitazione	Abitazione	Cantina
spot_mp052	Visp	Radio mobile	plurifamiliare	Abitazione	nessuno	Abitazione
spot_mp052A	Visp	Radio mobile	plurifamiliare	Abitazione	Abitazione	Ufficio
spot_mp054	Zernez	Linea aerea 36-150kV	unifamiliare indipendente	Abitazione	Abitazione	Abitazione

ID spot	Comunità	Fonte primaria	Tipo di casa	Uso dell'edificio Luogo di misurazione	Uso dell'edificio sopra	Uso dell'edificio sotto
spot_mp055	Winterthur	Linea aerea 220/380kV	Casa a schiera	Abitazione	Sottotetto	Abitazione
spot_mp061	Soletta	Stazioni di trasformazione	plurifamiliare	Abitazione	Abitazione	Cantina
spot_mp064	Igis	Radio/TV da 50 a 200 kW	unifamiliare indipendente	Abitazione	Abitazione	senza seminterrato

Tabella 42: Elenco con informazioni dettagliate sulle misure. Per le misurazioni di breve durata, sono indicati il piano e l'uso della stanza. Per le misurazioni mobili, viene indicato il numero di piani e di stanze attraversate. Le misurazioni di lunga durata vengono solitamente effettuate in camera da letto. La tabella contiene informazioni sul pavimento e sulla posizione del dispositivo di misurazione. Sono stati considerati i seguenti tipi di pavimento: DG (mansarda), EG (piano terra), OG (piano superiore), UG (seminterrato).

ID spot	Piano Misura di breve durata	Utilizzo dello spazio Misurazione di breve durata	Numero di piani di misurazione mobile	Numero di stanze di misurazione mobile	Piano Misura di lunga durata	Strumento di misura della posizione Misura di lunga durata
spot_SN025	CE	Abitazione	3	10	OG1	Comodino
spot_mp001	OG1	altro	2	2	OG1	altro
spot_mp002	CE	Abitazione	3	8	OG1	Sedia accanto al letto
spot_mp003	OG1	Abitazione	1	5	OG1	Pavimento accanto al letto
spot_mp005	CE	Abitazione	1	9	CE	Comodino
spot_mp013	DG	Abitazione	1	6	DG	Comodino
spot_mp013A	CE	Ufficio/studio	1	2	CE	Sedia accanto al letto
spot_mp017	OG4	Abitazione	2	5	OG4	Telaio posteriore per letto
spot_mp017A	UG2	Ufficio/studio	1	5	OG2	Comodino
spot_mp018	OG6	Abitazione	1	4	OG6	Comodino
spot_mp018A	CE	Abitazione	2	10	CE	Comodino
spot_mp019	CE	Abitazione	4	10	OG1	Scatola di cartone accanto al letto
spot_mp020	OG3	Abitazione	1	3	OG3	Telaio posteriore per letto
spot_mp021	OG1	Abitazione	1	5	OG1	Telaio posteriore per letto
spot_mp024	DG	Abitazione	1	10	DG	Comodino
spot_mp032	OG1	Abitazione	2	6	OG1	Comodino
spot_mp033	DG	Abitazione	2	5	DG	Comodino

ID spot	Piano Misura di breve durata	Utilizzo dello spazio Misurazione di breve durata	Numero di piani di misurazione mobile	Numero di stanze di misurazione mobile	Piano Misura di lunga durata	Strumento di misura della posizione Misura di lunga durata
spot_mp034	DG	Camera da letto	1	5	DG	Comodino
spot_mp034A	CE	Camera da letto	1	4	CE	Comodino
spot_mp040	OG4	Abitazione	1	5	OG4	Sedia accanto al letto
spot_mp041	OG1	Abitazione	1	7	CE	Comodino
spot_mp043	DG	Abitazione	1	9	DG	Scatola di cartone accanto al letto
spot_mp044	OG2	Abitazione	2	7	OG2	Comodino
spot_mp046	OG1	Abitazione	2	8	OG2	Comodino
spot_mp050	CE	Abitazione	1	4	CE	Comodino
spot_mp052	DG	Abitazione	1	9	DG	Comodino
spot_mp052A	OG1	Abitazione	1	8	OG1	altro
spot_mp054	OG1	Abitazione	2	10	CE	Comodino
spot_mp055	CE	Abitazione	3	6	DG	Comodino
spot_mp061	CE	Abitazione	1	4	CE	Comodino
spot_mp064	OG1	Abitazione	2	10	CE	Comodino