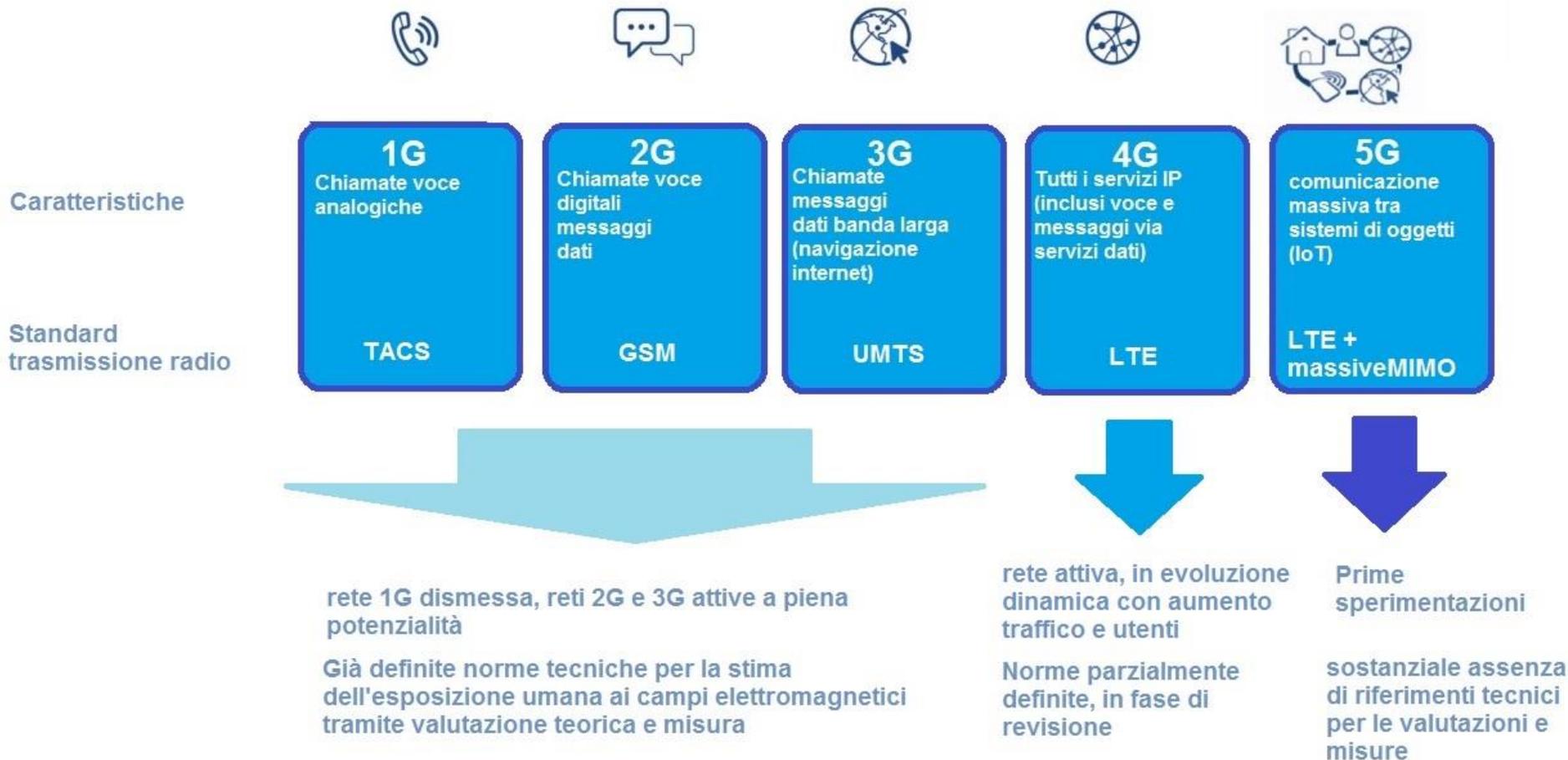




# *La sfida del 5G: problemi tecnici e verifiche del rispetto della normativa*

Giovanni d'Amore – Arpa Piemonte  
Dipartimento Rischi Fisici e  
Tecnologici

# L'EVOLUZIONE TECNOLOGICA DEI SISTEMI PER TELEFONIA





# INTERNET OF THINGS (IOT)

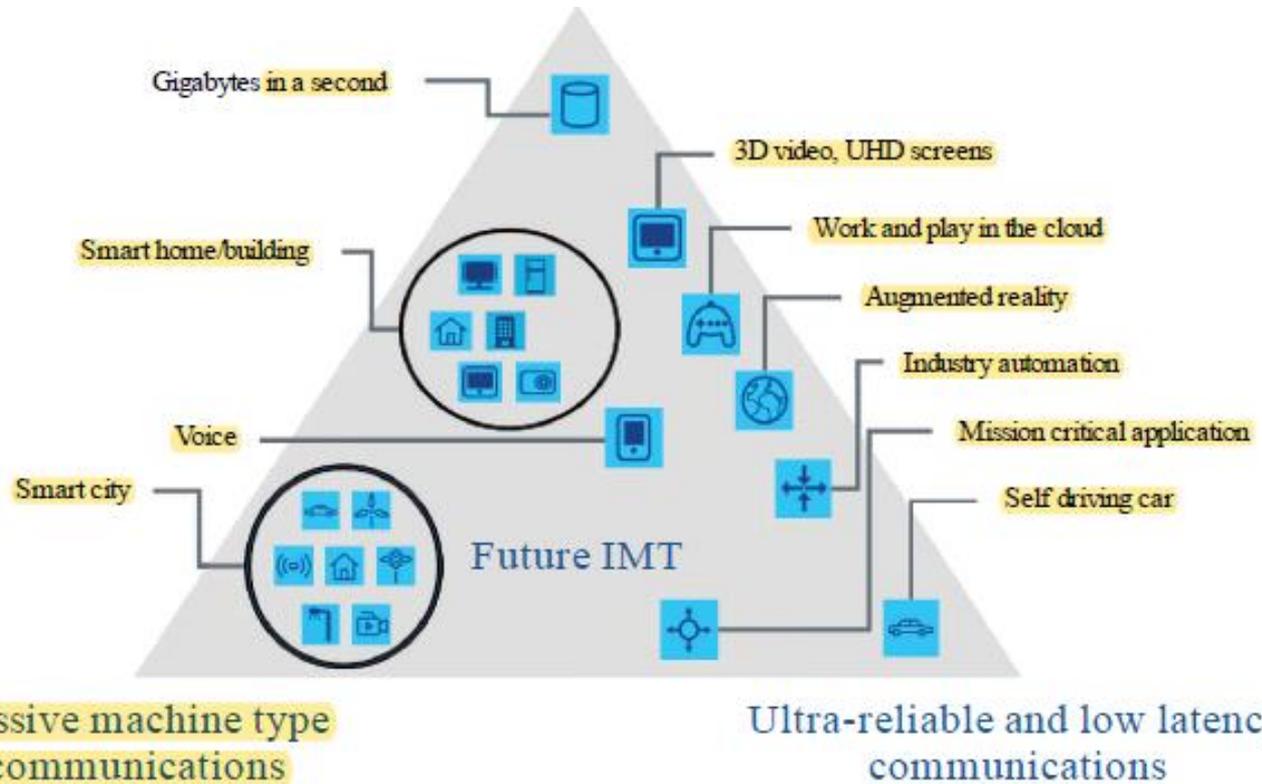
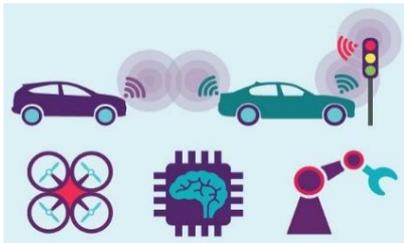
## TIPOLOGIE DI CONNESSIONE

Uomo – Uomo

Uomo – Macchina

Macchina – Macchina

## APPLICAZIONI A BASSA LATENZA



Source: Racc. ITU-R M.2083, "IMT Vision"



# INTERNET OF THINGS (IOT)

## REALTA' AUMENTATA

Visite museali



MONITORAGGIO E CONTROLLO  
DRONI CONNESSI A RETE  
RADIOMOBILE



**RETI 5G**

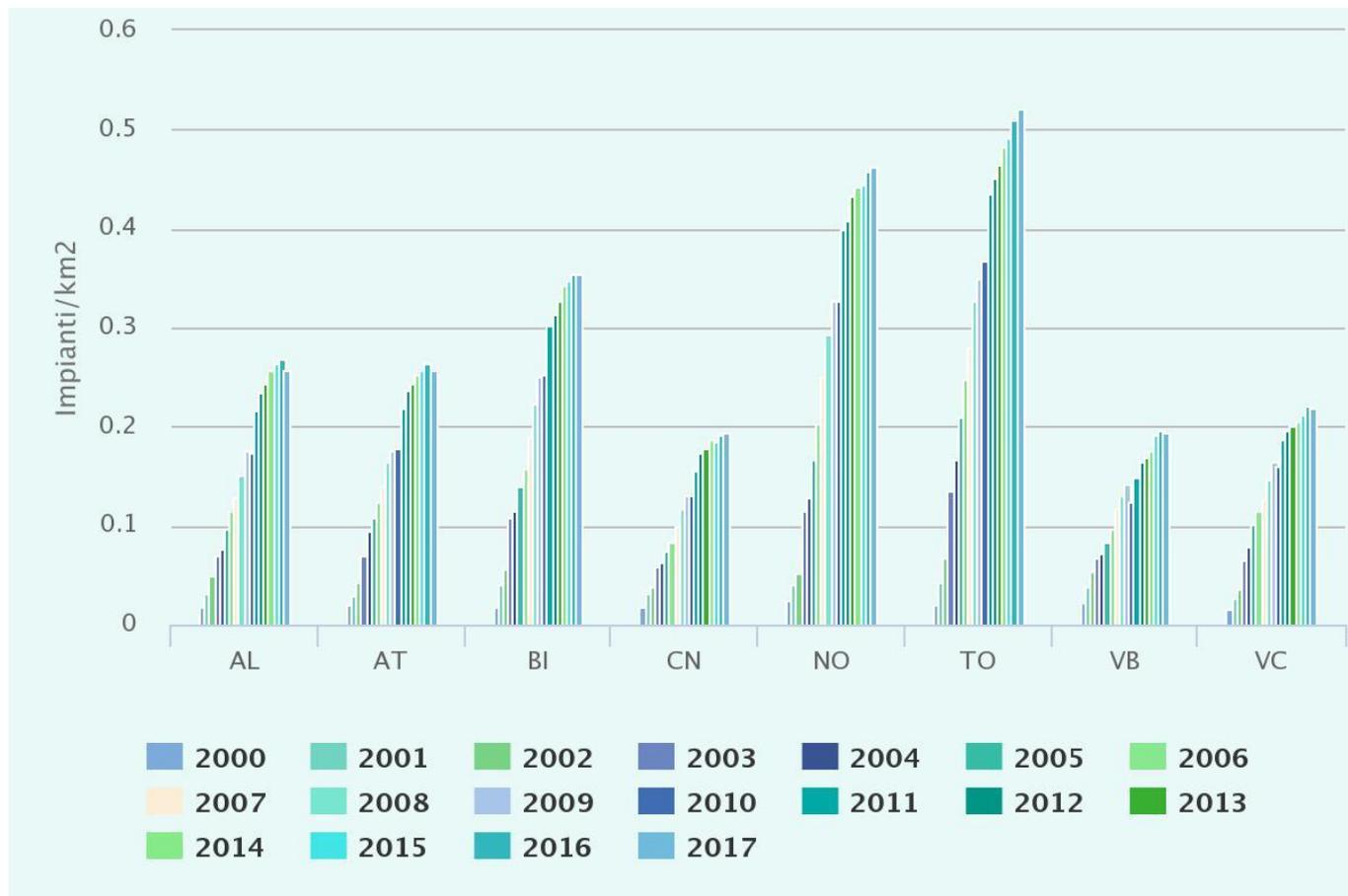


**INTERNET OF THINGS (IOT)**



**RILEVANTE INCREMENTO NUMERO SORGENTI**

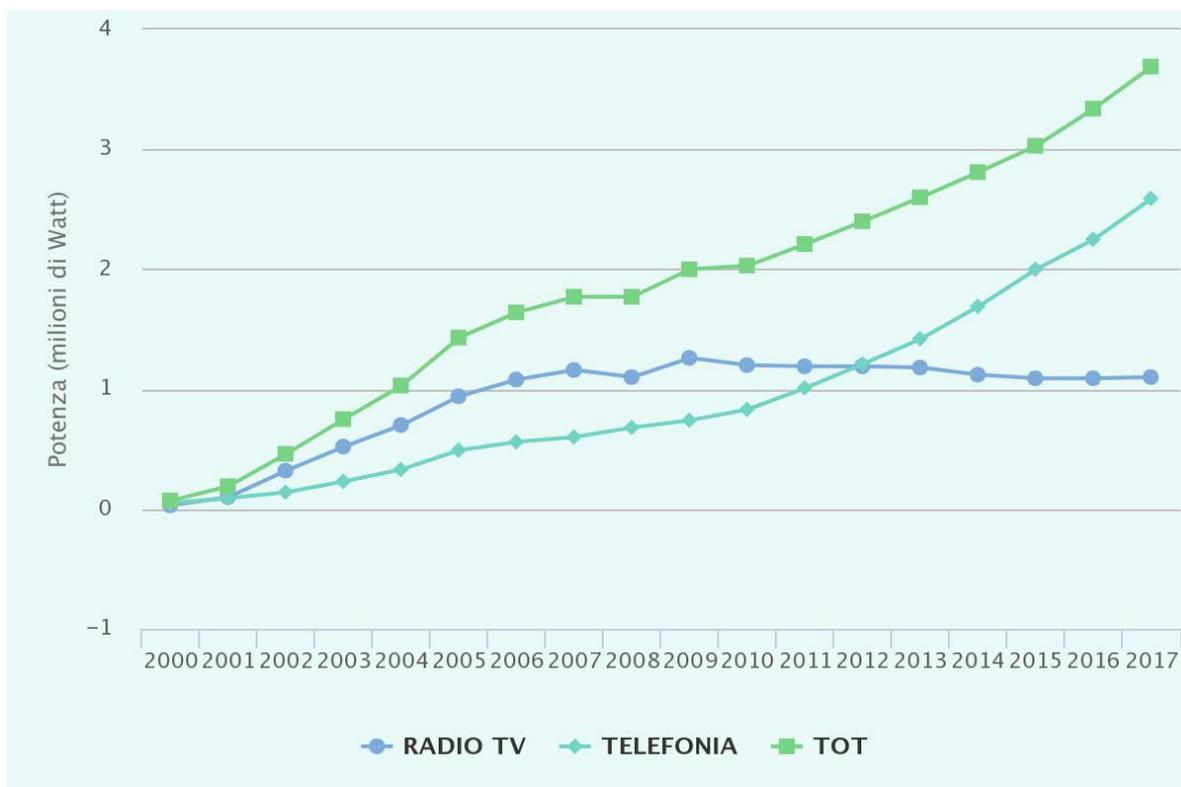
## Andamento nel tempo della densità degli impianti per telefonia nelle diverse province



**Incremento del numero totale di impianti da circa 500 a circa 8000 nel periodo 2000 - 2018**

# LO SVILUPPO DEGLI IMPIANTI PER TELECOMUNICAZIONE

Andamento nel tempo della potenza installata sul territorio regionale



<http://relazione.ambiente.piemonte.it/2018/it/territorio/fattori/radiazioni-non-ionizzanti>

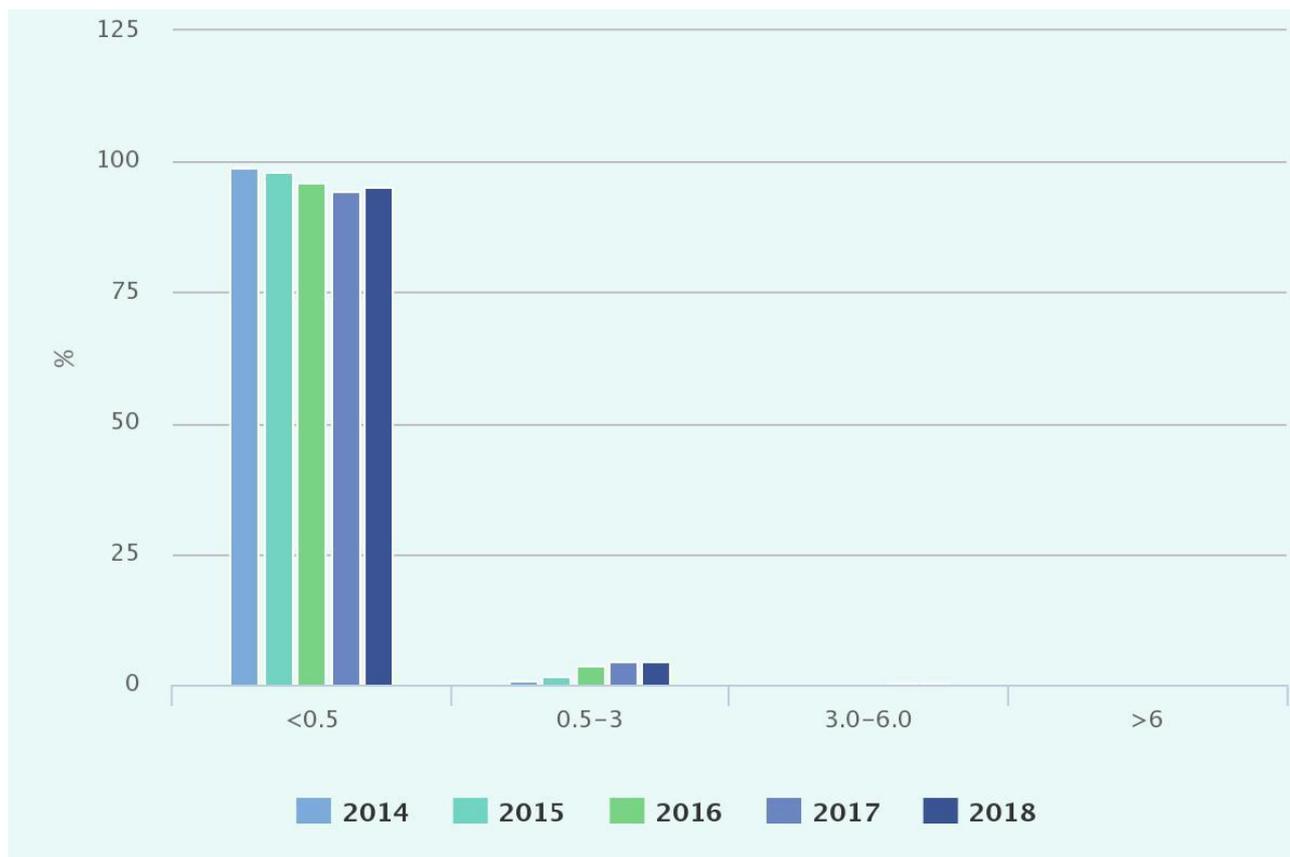


## Potenza degli impianti per telefonia riferita alle tre tipologia di sistema ad oggi utilizzate



<http://relazione.ambiente.piemonte.it/2018/it/territorio/fattori/radiazioni-non-ionizzanti>

## Percentuale di popolazione piemontese esposta a determinati intervalli di valori di campo elettrico emesso da impianti per telecomunicazione

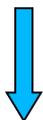


<http://relazione.ambiente.piemonte.it/2018/it/territorio/fattori/radiazioni-non-ionizzanti>

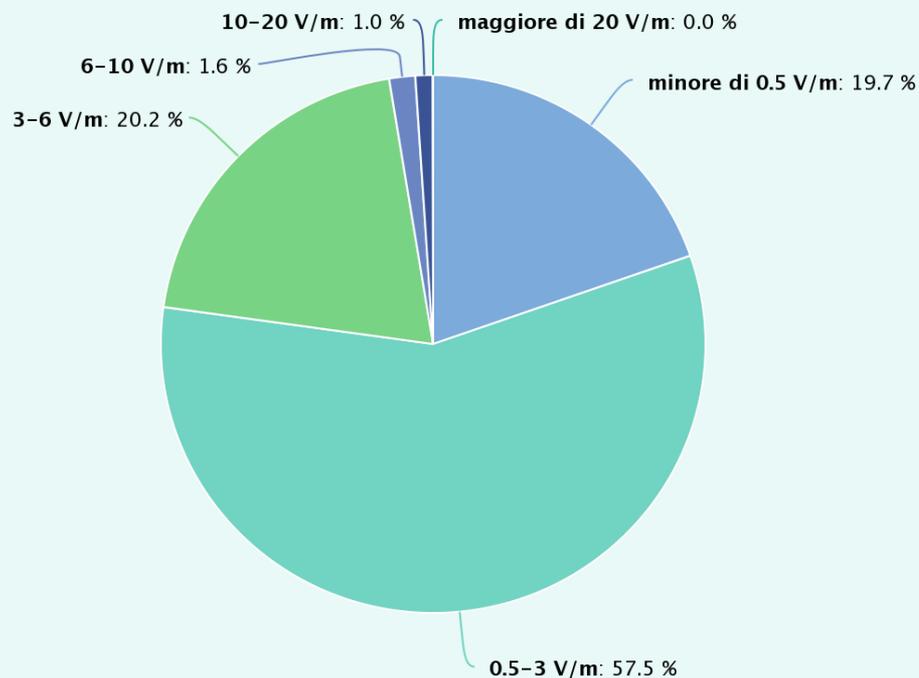
## Le sorgenti di campi RF: Impianti per telecomunicazione

Livelli tipici di esposizione in prossimità di SRB per telefonia mobile

Misure su esposti



Dati rappresentativi delle situazioni di maggiore esposizione e non dell'esposizione media della popolazione.



# Caratteristiche dei nuovi sistemi radianti 5G

## MiMo (Multiple Input Multiple Output)

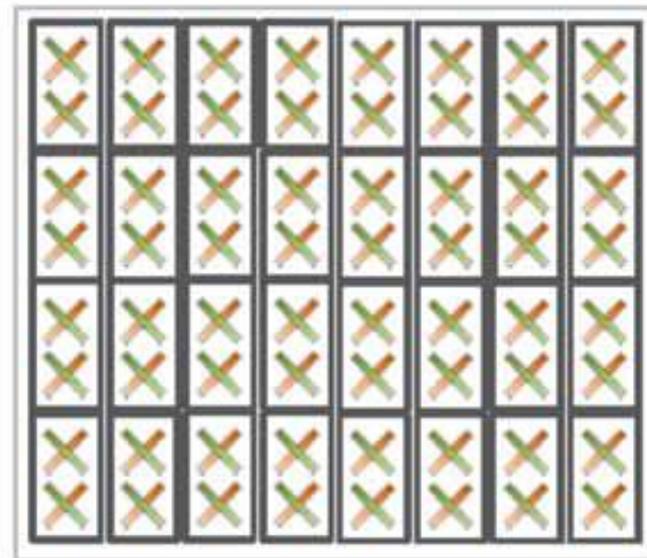
Elevato numero di elementi di antenna utilizzati per inviare e ricevere più dati contemporaneamente

## AAS (Active Antenna System)

Schiere di antenne con elementi radianti alimentati singolarmente

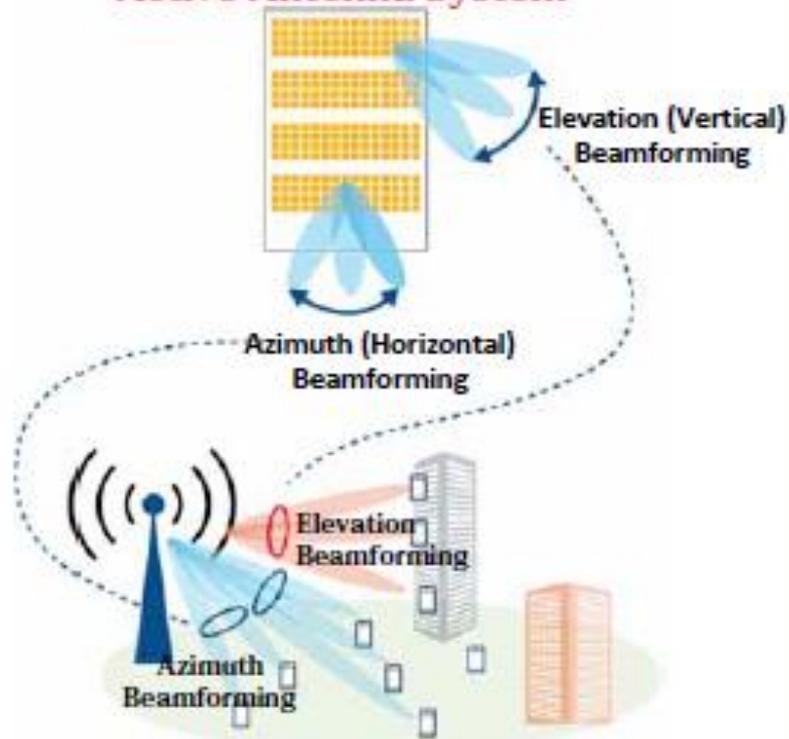
## Beamforming

Sagomatura del fascio grazie alla composizione delle emissioni da un gran numero di elementi attivi

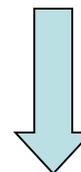


# Caratteristiche dei nuovi sistemi radianti 5G

## Active Antenna System



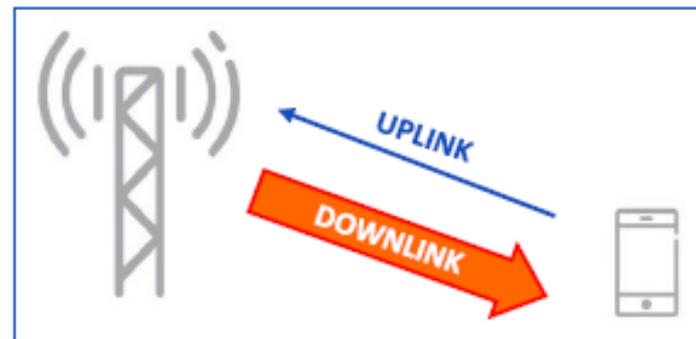
Diagrammi di irraggiamento dinamici che consentono di ottimizzare la copertura della Stazione Radio Base



Trasmissione del segnale solo nella direzione dell'utente e solo durante il tempo di utilizzo (TDD)

## TDD

Sulla stessa frequenza si alternano le comunicazioni da e verso la Stazione Radio Base





# 5G - Cosa cambia in termini di esposizione ai campi elettromagnetici

## Bande di frequenza nuovi segnali:

- Utilizzo di frequenze 694-790 MHz, 3600-3800 MHz e 26.5-27.5 GHz (Delibera 231-18-CONS)

## Caratteristiche della trasmissione:

- **L'antenna non trasmette continuativamente nel tempo**, in quanto alcuni intervalli di tempo sono dedicati all' "ascolto" del segnale proveniente dagli utenti → **la potenza media irradiata su 6 minuti è inferiore** a quella per una trasmissione continua.
- **Antenne smart** con multibeam (massive MIMO) – **le antenne non trasmettono più un segnale di copertura** sul territorio, ma attivano dei fasci direttivi in base alle esigenze degli utenti → **il contributo elettromagnetico in un certo punto può essere pari a zero** se non ci sono utenti connessi.

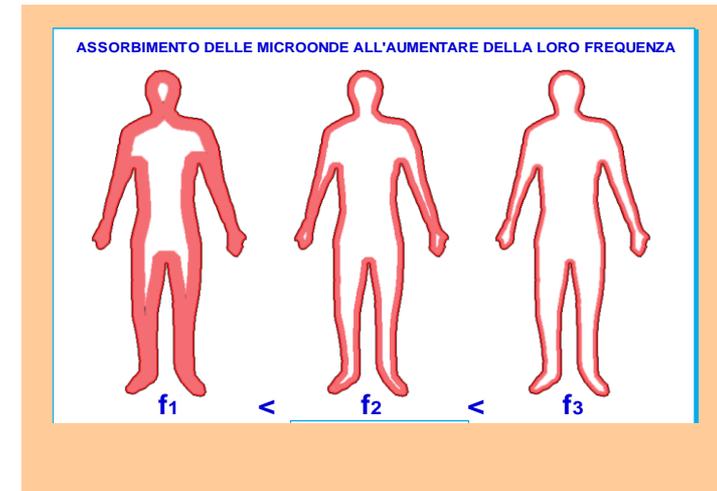
# Caratteristiche dei nuovi sistemi radianti 5G

## Bande di frequenza nuovi segnali:

Utilizzo di frequenze: 700 MHz, 3.7 GHz , 27 GHz

PENETRAZIONE DELL'ENERGIA A  
RADIOFREQUENZA NEI TESSUTI

Circa 10 cm a 900 MHz - circa 5 mm a 10 GHz



## Caratteristiche della trasmissione:

- Alle frequenze più elevate aumentano le perdite di propagazione e si riduce l'area di copertura degli impianti a parità di potenza con il conseguente incremento del numero di impianti sul territorio

# La valutazione previsionale dei livelli di esposizione

Il calcolo delle emissioni delle antenne è reso complesso dalla variazione dinamica dei fasci di radiazione nel tempo e nello spazio, che è legata alle esigenze dell'utenza (non ancora prevedibili in questa fase sperimentale).

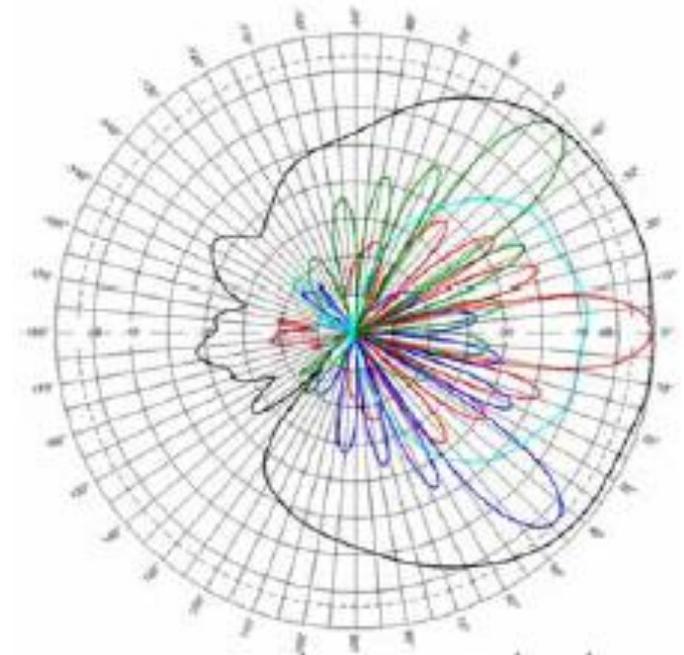


## APPROCCIO CAUTELATIVO

### DIAGRAMMA DI INVILUPPO

ottenuto con i valori più elevati dei guadagni possibili in ogni direzione

Si riconduce il caso delle antenne a diagramma tempo variante a quello tradizionale delle antenne passive



# La valutazione previsionale dei livelli di esposizione

**NORMA TECNICA IEC (International Electrotechnical Commission) TR62669:2019**

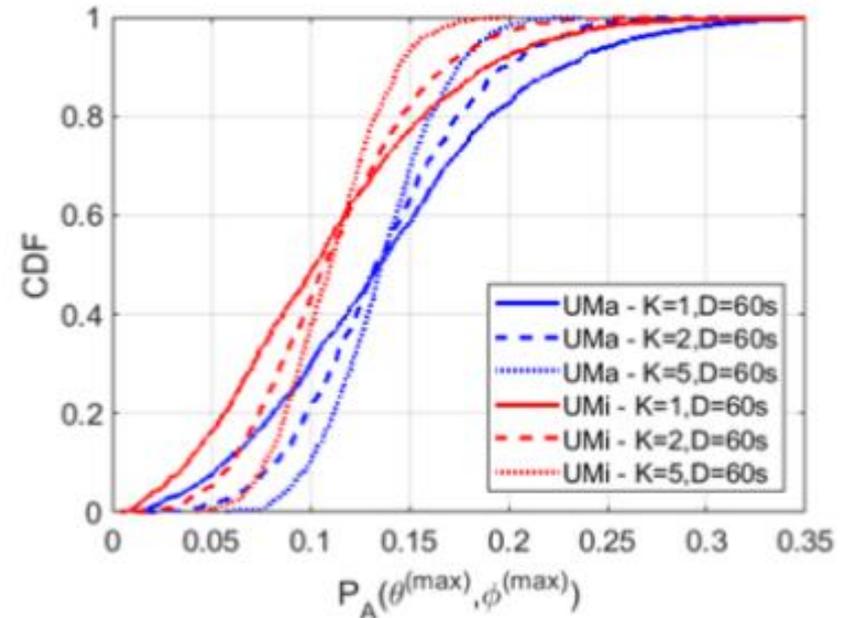
## APPROCCIO STATISTICO

Potenza di trasmissione conservativa ma più realistica rispetto al caso di cella a pieno carico

Fattore di riduzione statistico FPR pari 0.31  
(100° percentile)

$$P_{\text{EFF}} = 0.31 P_{\text{MAX}}$$

*Registrazione periodica dei valori della distribuzione cumulativa della potenza e obbligo di assicurare all'organo di controllo l'accesso ai suddetti dati*



DOCUMENTO SNPA



# La situazione in Piemonte

Al fine del rilascio del parere per impianti 5G viene richiesto che vengano fornite

- le modalità di calcolo dell'involuppo del diagramma di irradiazione fornito
- la potenza massima al connettore d'antenna, prima dell'applicazione del fattore di riduzione statistica (FPR) o del fattore di utilizzo giornaliero ( $\alpha_{24}$ )

In analogia a quanto previsto dal DM 02.12.2014 per il fattore di riduzione  $\alpha_{24}$ , Deve essere registrata e resa disponibile la distribuzione cumulativa delle potenze mediate sui 6 minuti (questo consente di verificare che il fattore di riduzione statistica implementato sia effettivamente sempre inferiore a quanto dichiarato in fase di richiesta parere).



## La situazione a Torino

Al momento numero limitato di impianti

Istanze presentate ad Arpa per installazioni nel comune di Torino:

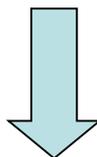
25 impianti 3.7 GHz

4 impianti 700 MHz

0 impianti a 27 GHz (sperimentazione auto guida autonoma per un breve periodo)

Per gli impianti nella banda di frequenze di 700 MHz non è stato rilasciato alcun parere (improcedibilità) in quanto tale banda sarà disponibile per i sistemi 5G solo a partire dal luglio 2022

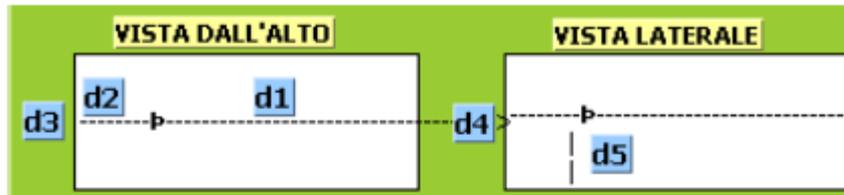
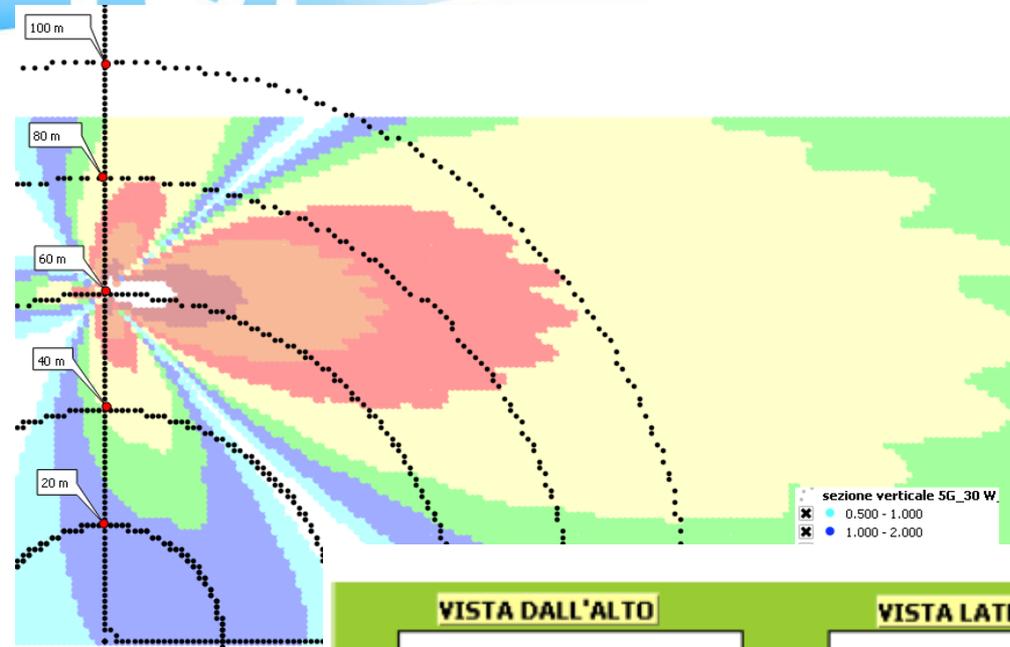
Attualmente non vengono erogati servizi



Funzionamento non continuativo

# La situazione in Piemonte

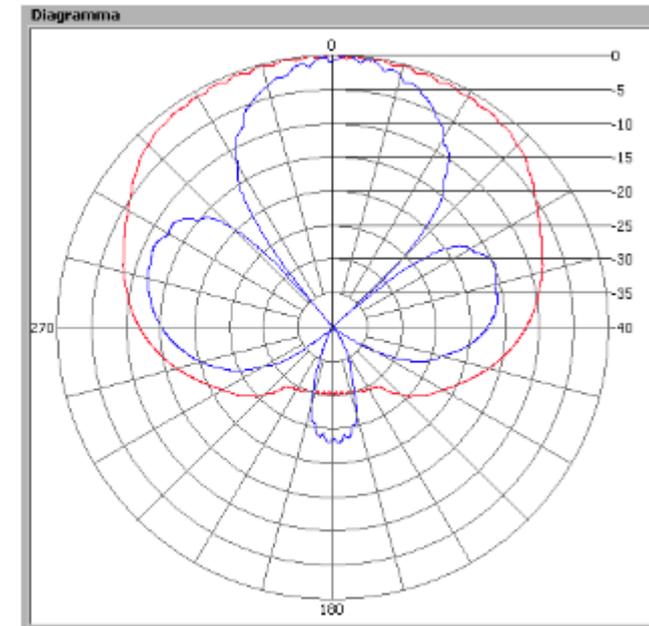
## ESEMPIO DI VALUTAZIONE



**Potenze ridotte (Coefficiente  $a_{24}= 0.3$ )**

Volume rispetto 6 V/m

	D1	D2	D3	D4	D5	
0°	63	5	71	29	14	(18W)
120°	73	5	82	34	16	(24W)
240°	81	6	91	38	18	(30W)

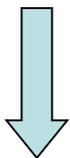




# PROBLEMATICHE DI MISURA

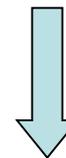
## MISURE IN BANDA LARGA

**Frequenze molto elevate (> 20 GHz)**



**Assenza di Centraline di monitoraggio in continua**

**Segnali rapidamente variabili**

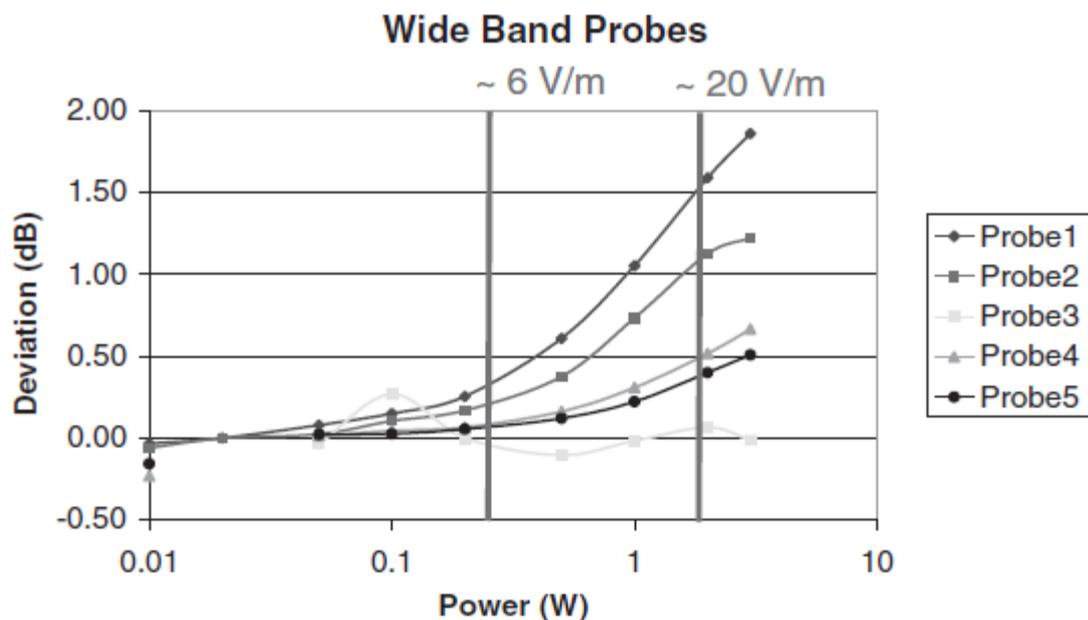


**Sovrastima misura**

# PROBLEMATICHE DI MISURA

## Segnali rapidamente variabili

Un tradizionale sensore a diodo può sovrastimare in modo significativo segnali con fattore di cresta elevato (risposta quadratica per basse potenze)

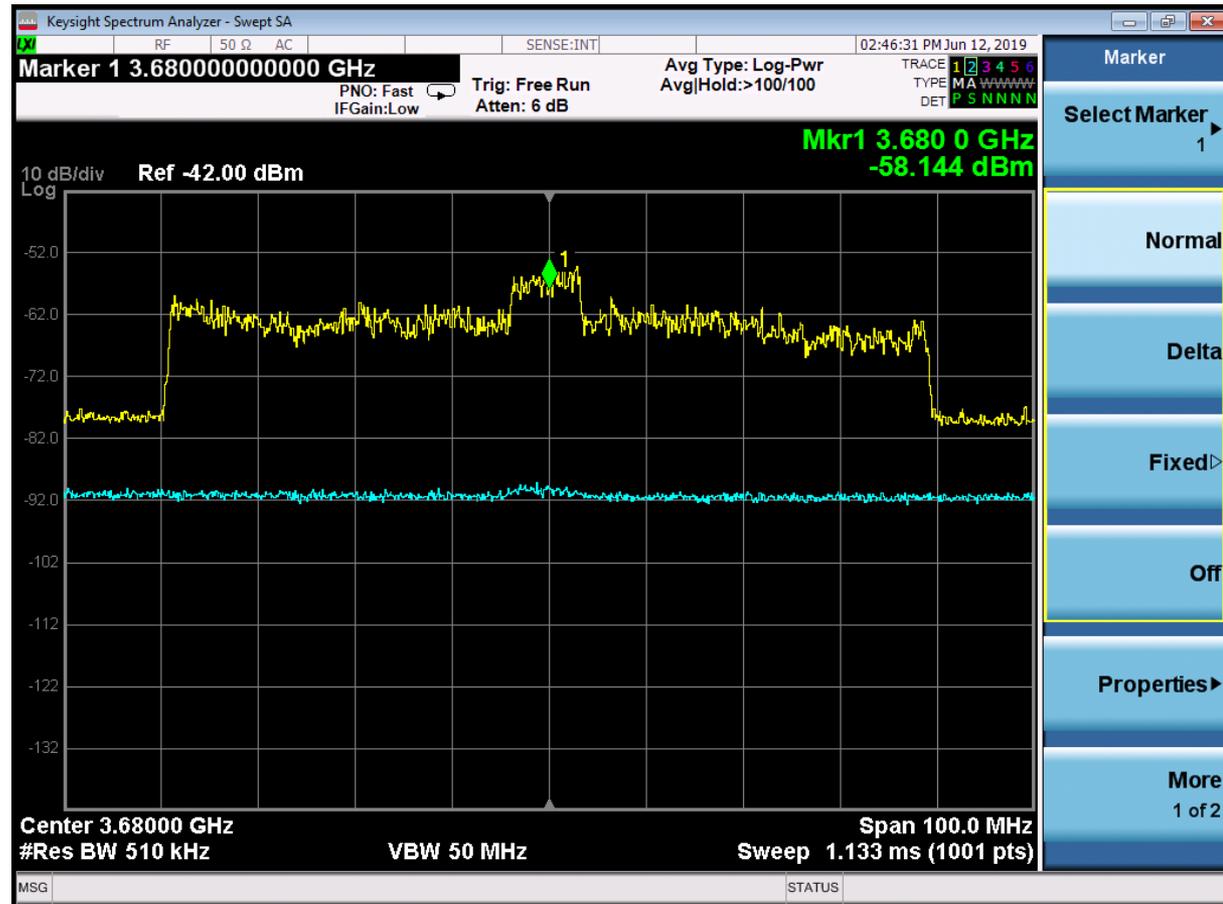


S. Trincherò, A. Benedetto, L. Anglesio, G. d'Amore and D. Trincherò Exposure measuring techniques for wide band mobile radiocommunications Radiation Protection Dosimetry (2004), Vol. 111, No. 4, pp. 429–433

# PROBLEMATICHE DI MISURA

## Le misure in banda stretta

Necessario aggiornamento della strumentazione e definizione di procedure corrette per poter “agganciare” i fasci e stimare correttamente i livelli medi di esposizione



Segnale 5G rilevato a Ivrea

# LIMITI PER ESPOSIZIONE A CAMPI ELETTROMAGNETICI RF

**D.P.C.M. 8/07/2003 e Legge 221/2012**

VALORI DI RIFERIMENTO	FREQUENZE (MHz)	E (V/m)	H (A/m)	S (W/m <sup>2</sup> )	MODALITA' DI CALCOLO E CONDIZIONI DI ESPOSIZIONE
Limiti	$0.1 < f \leq 3$	60	0.2	-	Valori Efficaci mediati su 6 minuti e sulla sezione del corpo umano
	$3 < f \leq 3000$	20	0.05	1	
	$3000 < f \leq 300000$	40	0.1	4	
Valori di Attenzione	$0.1 < f \leq 3$	6	0.016	-	Media nell'arco delle 24 ore Luoghi a permanenza prolungata (> 4 ore) e pertinenze esterne
	$3 < f \leq 300000$			0.1	
Obiettivi di Qualità	$0.1 < f \leq 3$	6	0.016	-	Media nell'arco delle 24 ore Aree intensamente frequentate
	$3 < f \leq 300000$			0.1	

**Non sono previsti limiti per campi pulsati**

# LIMITI PER ESPOSIZIONE A CAMPI ELETTROMAGNETICI RF

## Linee Guida ICNIRP (Draft)

Nella bozza di revisione delle Linee Guida è previsto un nuovo parametro per limitare le brevi esposizioni a frequenze elevate (> 6GHz)

Scarsa dissipazione del calore a causa del breve tempo di esposizione

Assorbimento superficiale

Hot spot

# LIMITI PER ESPOSIZIONE A CAMPI ELETTROMAGNETICI RF

## Linee Guida ICNIRP (Draft)

Nella bozza di revisione delle Linee Guida è previsto un nuovo parametro limite per limitare le brevi esposizioni a frequenze elevate (> 6GHz)

Esposizioni localizzate per intervalli di tempo inferiori a 6 minuti

Exposure Scenario	Frequency Range	Incident plane wave energy density ( $H_{inc}$ ) ( $\text{kJ m}^{-2}$ )
Occupational	100 kHz – 400 MHz	See note 2
	>400 MHz – 6 GHz <sup>#</sup>	$0.8f^{0.51}[2.5+1.77(t-1)^{0.5}]$
	>6 – 300 GHz <sup>*</sup>	$2.75f^{0.177}[2.5+1.77(t-1)^{0.5}]$
General Public	100 kHz – 400 MHz	See note 2
	>400 MHz – 6 GHz <sup>#</sup>	$0.8f^{0.51}[0.5+0.354(t-1)^{0.5}]$
	>6 – 300 GHz <sup>*</sup>	$2.75f^{0.177}[0.5+0.354(t-1)^{0.5}]$

400 MHz – 6 GHz → Medie su 4 cm<sup>2</sup>

6 GHz – 300 GHz → Medie su 1 cm<sup>2</sup>



**GRAZIE PER L'ATTENZIONE**