

“5G. Il principio di precauzione nella valutazione degli impianti di telecomunicazione”

Dott. Davide Ceccarelli – Arpa Umbria Area Dipartimentale Umbria Nord

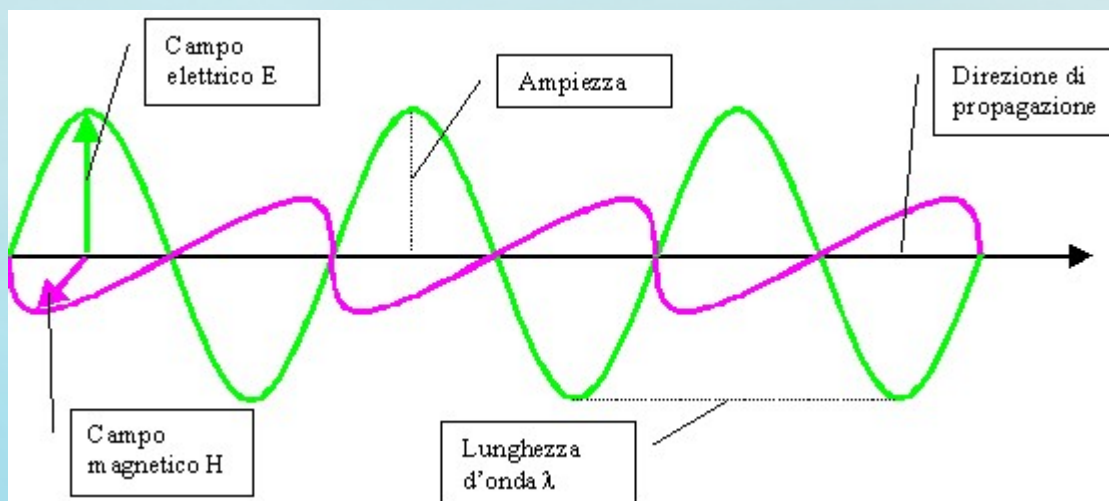
Perugia 14/5/2020

Di cosa vi voglio parlare

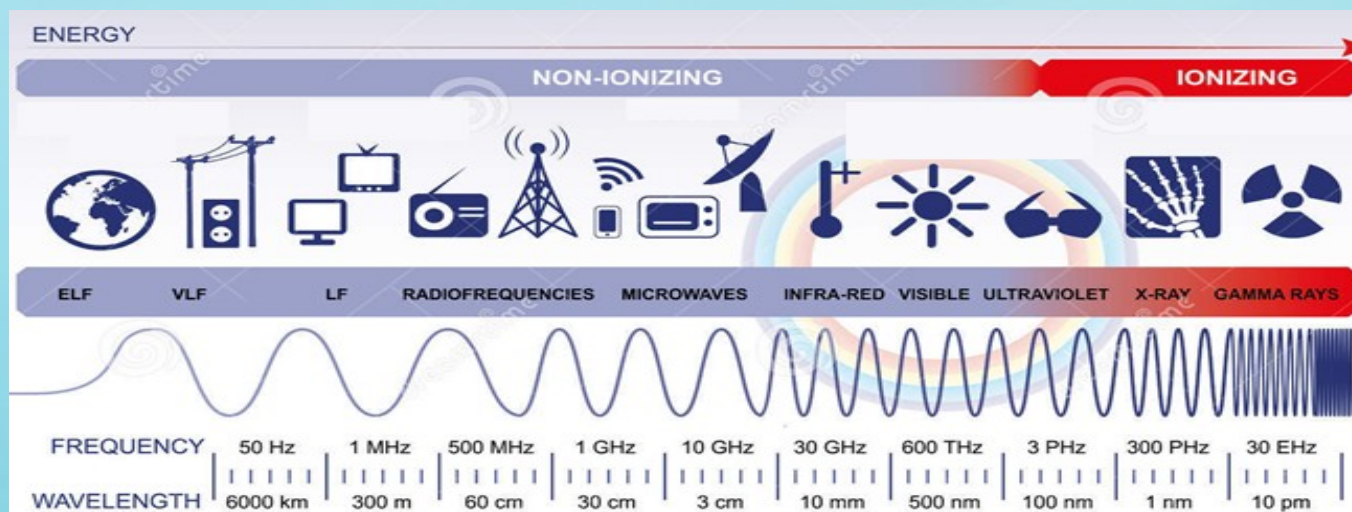
Vi premetto che questa non è una presentazione indirizzata ai tecnici del settore, durante questo incontro cercherò di fornirvi semplici strumenti per una comprensione maggiore del fenomeno legato all'inquinamento elettromagnetico derivante dalla presenza degli impianti di telecomunicazione per la telefonia mobile. Lo farò illustrandovi i seguenti contenuti:

- Funzionamento di una Stazione Radio Base
- Principio di precauzione e valutazione preventiva
- Le generazioni di telefonia e la loro evoluzione
- Il 5G
- Il principio di precauzione applicato al 5G e valutazioni sulla nuova tecnologia
- Indicazioni di buon comportamento

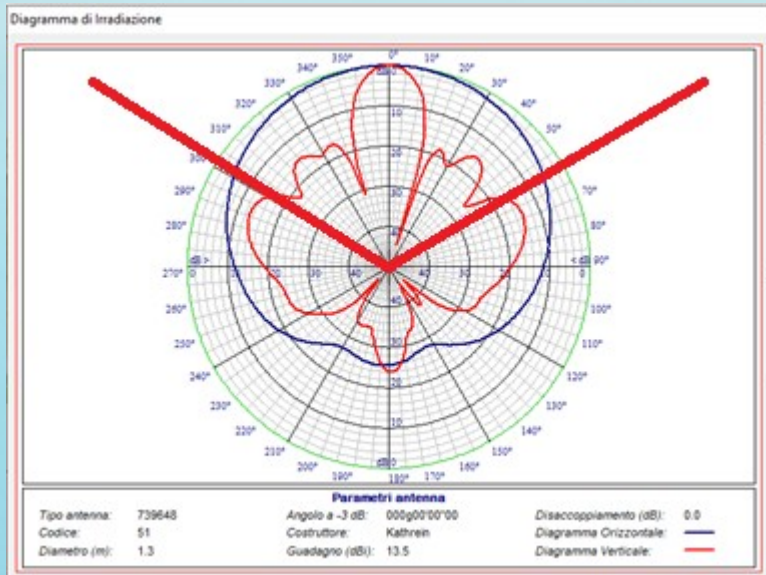
Funzionamento di una Stazione Radio Base (SRB)



Una SRB emette onde elettromagnetiche a determinate frequenze. Attraverso la «variazione controllata» delle sue caratteristiche è possibile veicolare, dati, informazioni e servizi.



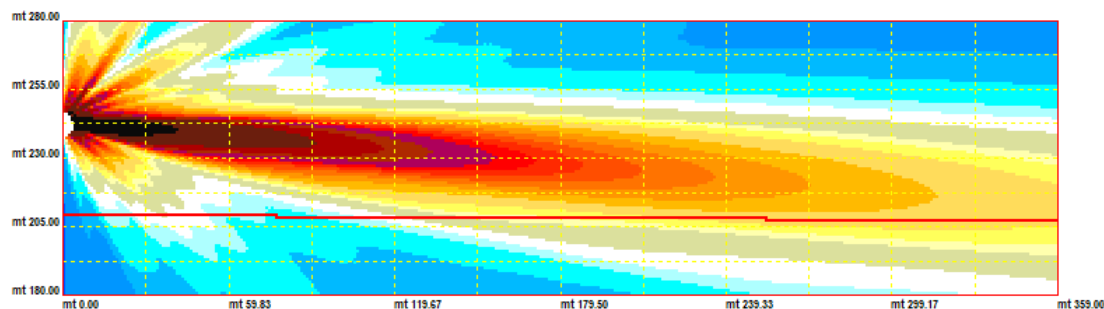
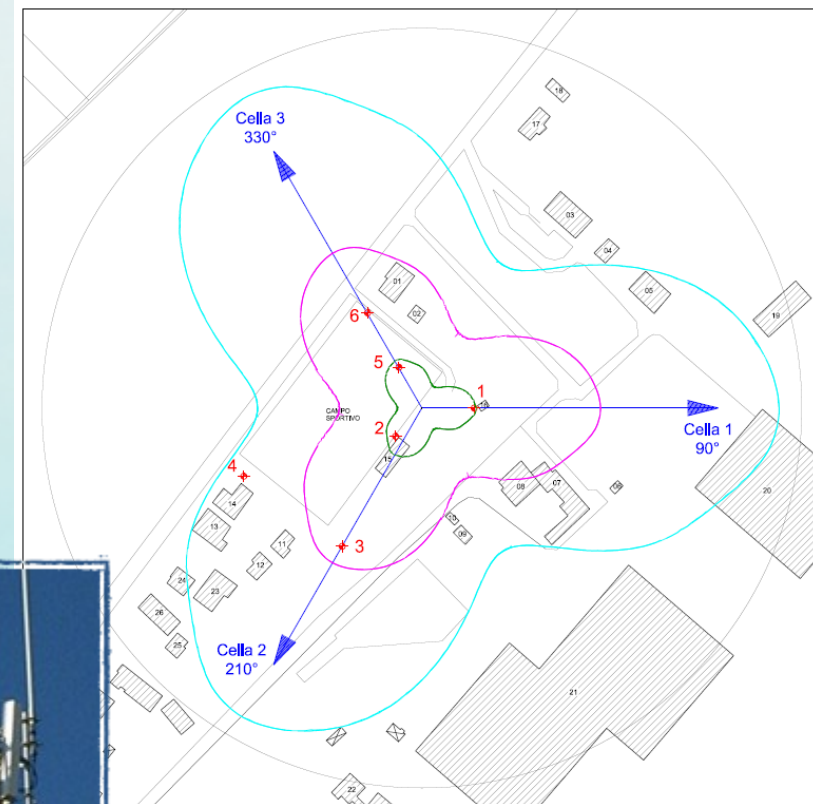
Copertura di una SRB



Alla base dell'emissione di una SRB c'è il diagramma di antenna della sorgente che la genera. Il diagramma di antenna fornisce indicazioni circa il modo in cui la stessa distribuisce o irradia spazialmente la potenza con cui è alimentata.

Poiché la maggior efficienza dell'emissione di un'antenna è contenuta in un angolo di 120 gradi orizzontali in generale un'area è coperta da un impianto attraverso tre settori

ANALISI CAMPO ELETTROMAGNETICO
Piano Verticale
Previsione tra 180.00 e 280.00 m S.L.M.
Orientamento a 111g46'58"33 N
(Min, Max) - (0.10, 118.43) [V/m]



Dalle immagini riportate si nota subito il fenomeno noto come «Effetto a ombrello»

Principio di cautela e valutazione preventiva

Ora vi illustrerò le modalità con cui il personale tecnico delle Agenzie Regionali per la Protezione dell'Ambiente svolge la valutazione preventiva per nuove installazioni o modifiche degli impianti di telecomunicazione a servizio della telefonia mobile applicando il principio di cautela.

Già nella Legge 36 del 2000, «Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici» era presente un chiaro richiamo al principio cardine su cui svolgere il controllo e la prevenzione dell'inquinamento elettromagnetico. (Art. 1)

1. La presente legge ha lo scopo di dettare i principi fondamentali diretti a:
 - a) assicurare la tutela della salute dei lavoratori, delle lavoratrici e della popolazione dagli effetti dell'esposizione a determinati livelli di campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici ai sensi e nel rispetto dell'articolo 32 della Costituzione;
 - b) promuovere la ricerca scientifica per la valutazione degli effetti a lungo termine e attivare misure di cautela da adottare in applicazione del principio di precauzione di cui all'articolo 174, paragrafo 2, del trattato istitutivo dell'Unione Europea;
 - c) assicurare la tutela dell'ambiente e del paesaggio e promuovere l'innovazione tecnologica e le azioni di risanamento volte a minimizzare l'intensità e gli effetti dei campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici secondo le migliori tecnologie disponibili.

La definizione dei limiti

Un primo punto affrontato e' stato proprio quello di definire i limiti da rispettare, il documento da cui partire e' stato ovviamente «LINEE GUIDA PER LA LIMITAZIONE DELL'ESPOSIZIONE A CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI VARIABILI NEL TEMPO ED A CAMPI ELETTROMAGNETICI (FINO A 300 GHz)» prodotto nel 1998 dall'ICNIRP

Standards ICNIRP



Ad esempio, a 50 Hz

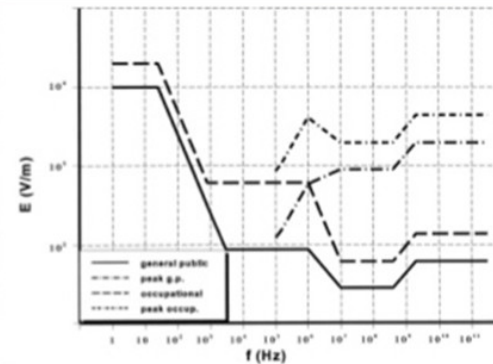
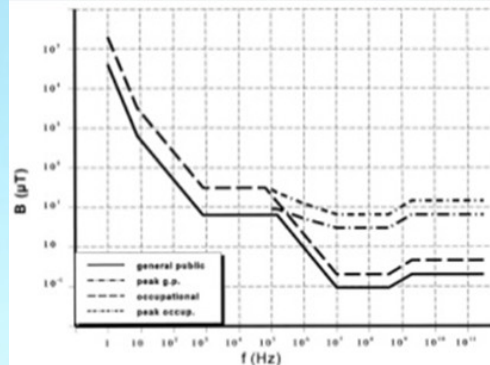
E_{max}: 5000V/m

B_{max}: 100 μ T

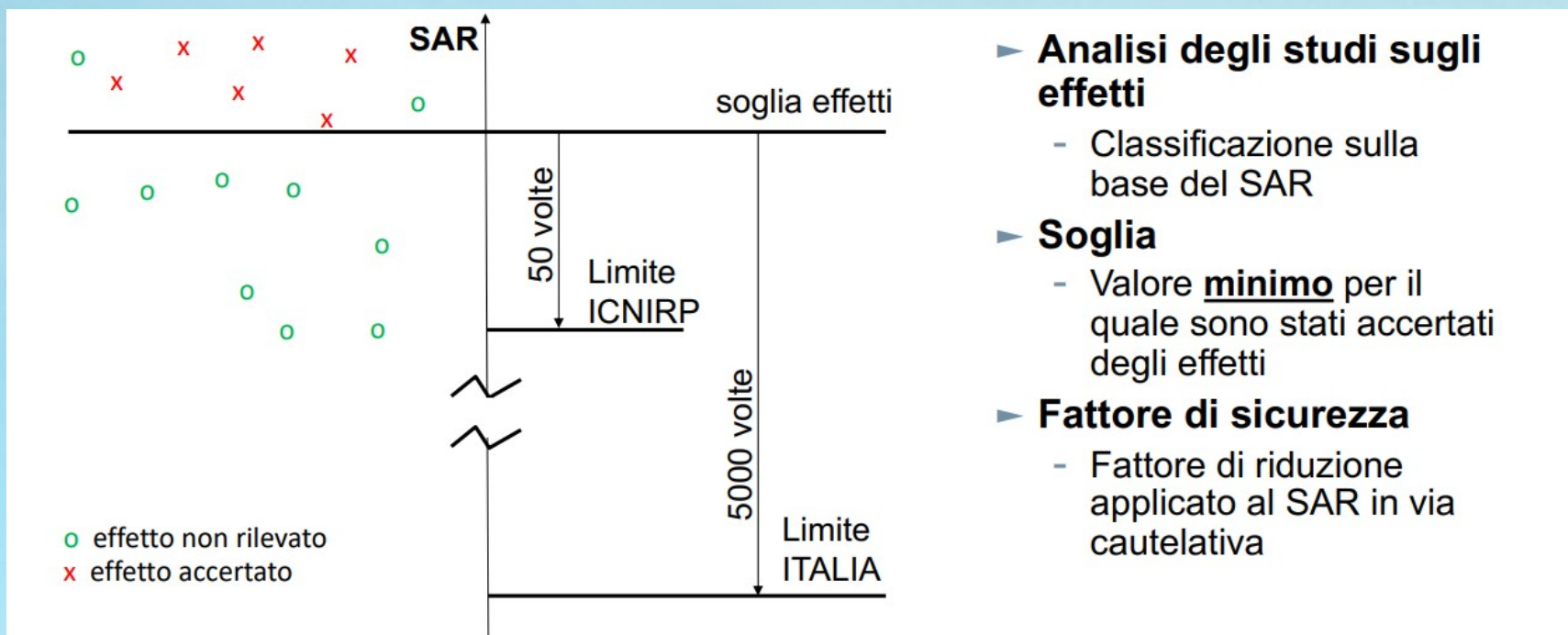
Ad esempio, a 2 GHz

E_{max}: 61V/m

S_{max}: 10W/m²=1mW/cm²



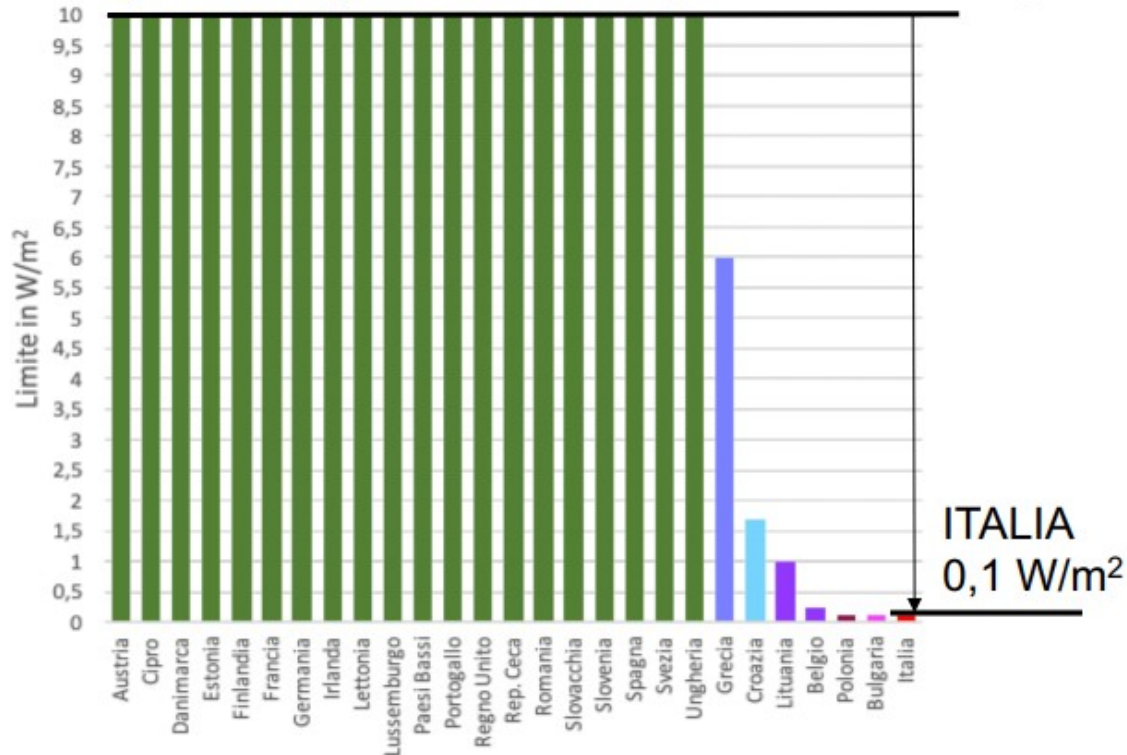
L'Italia a valle di tutte le elaborazioni definì i propri limiti nel DPCM dell'8/7/2003 «Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz.»



► **Limiti(*) adottati nei paesi UE espressi in:**

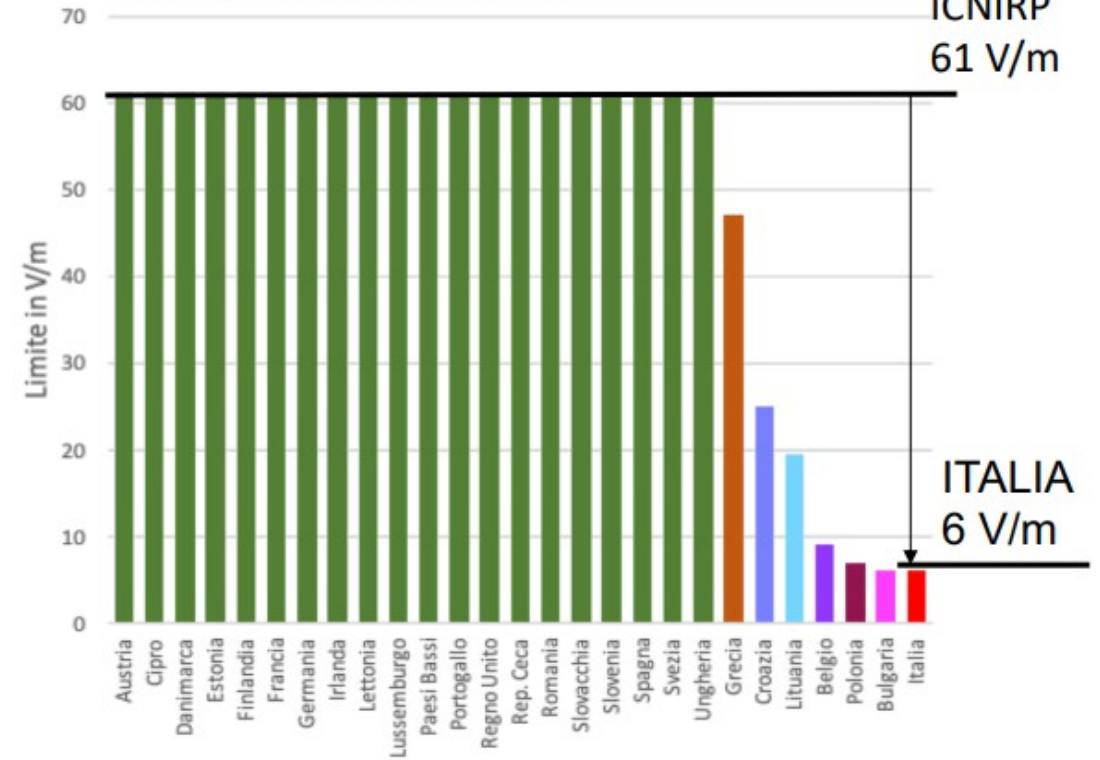
densità di potenza (W/m^2)
(misura equivalente al SAR)

ICNIRP
10 W/m^2



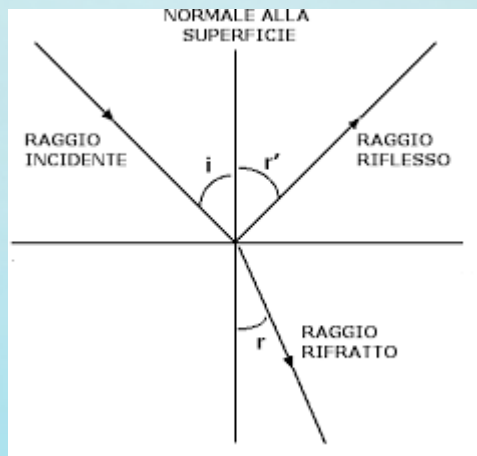
campo elettrico (V/m)

ICNIRP
61 V/m



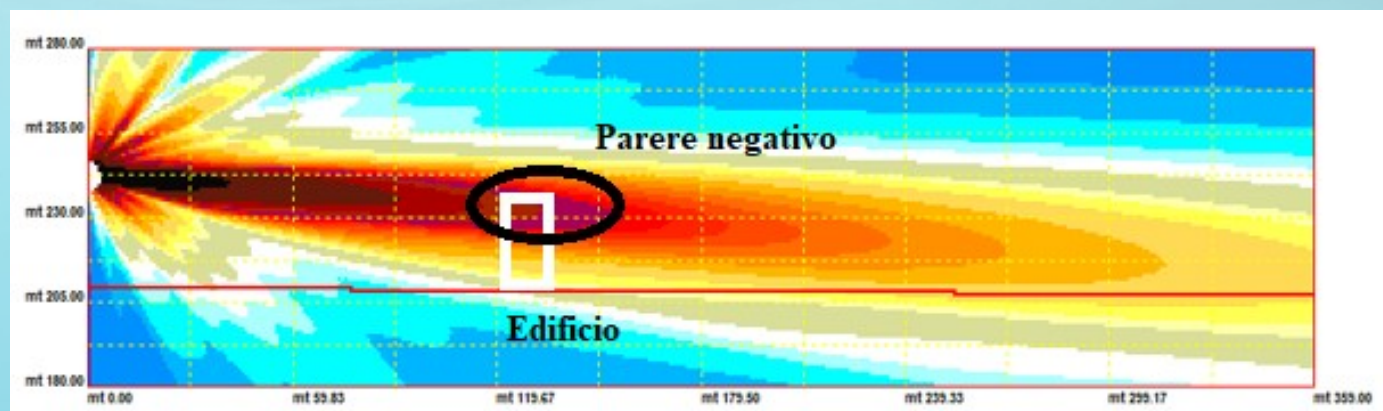
(*) Con riferimento alle frequenze 3.6--3.8 GHz considerate in questo studio

Propagazione in Campo Libero alla massima potenza richiesta



Un'onda elettromagnetica incidente su un mezzo si scompone in due raggi, una parte viene trasmessa oltre il setto e una parte viene riflessa.

Nel caso della valutazione di impatto elettromagnetico viene considerata la propagazione in spazio libero, si assume quindi che l'onda EM sia totalmente trasmessa. Questo introduce un ulteriore principio di cautela

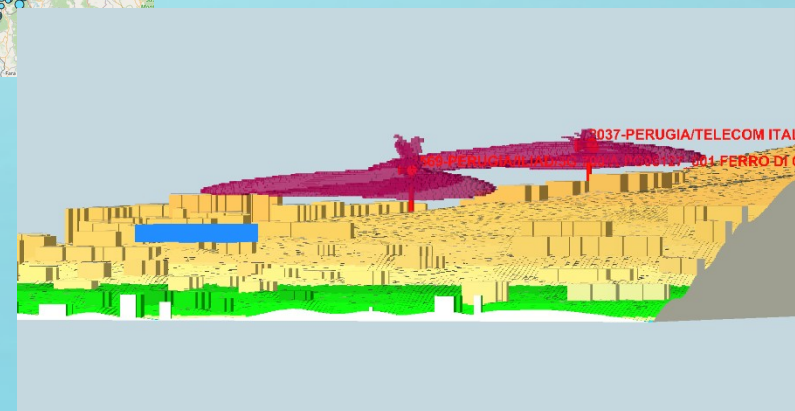
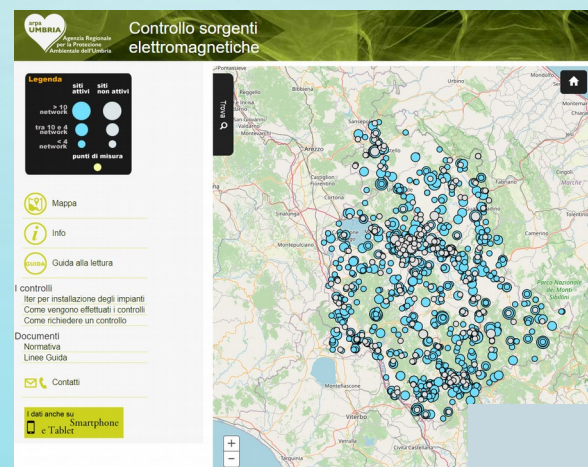


Catasto Elettromagnetico

Valutazioni alla massima potenza richiesta

Attraverso il DECRETO 13 febbraio 2014 del Ministero dell'Ambiente è stato istituito il Catasto Nazionale delle Sorgenti di Campo Elettromagnetico, che altro non è che la «somma» dei Catasti Regionali delle Sorgenti Elettromagnetiche che vengono popolate attraverso le valutazioni di Impatto Elettromagnetico svolte dalle Agenzie Regionali. Questo introduce diversi fattori di cautela:

- La valutazione dell'installazione o della modifica di un impianto viene fatta tenendo conto di tutte le sorgenti presenti nel suo intorno
- La stima della loro emissione viene considerata in base alla massima potenza autorizzata e non in base al reale dato di traffico (funzione del numero di dispositivi che attivano la SRB)
- Il catasto è un catasto di «pareri» che sono sicuramente in numero maggiore o uguale agli impianti che vengono realmente autorizzati.



Nota: In realtà le potenze autorizzate sono spesso richieste in funzione del traffico stimato α_{24} e ad impianto attivato il gestore deve comunicare periodicamente i dati di potenza dell'impianto.

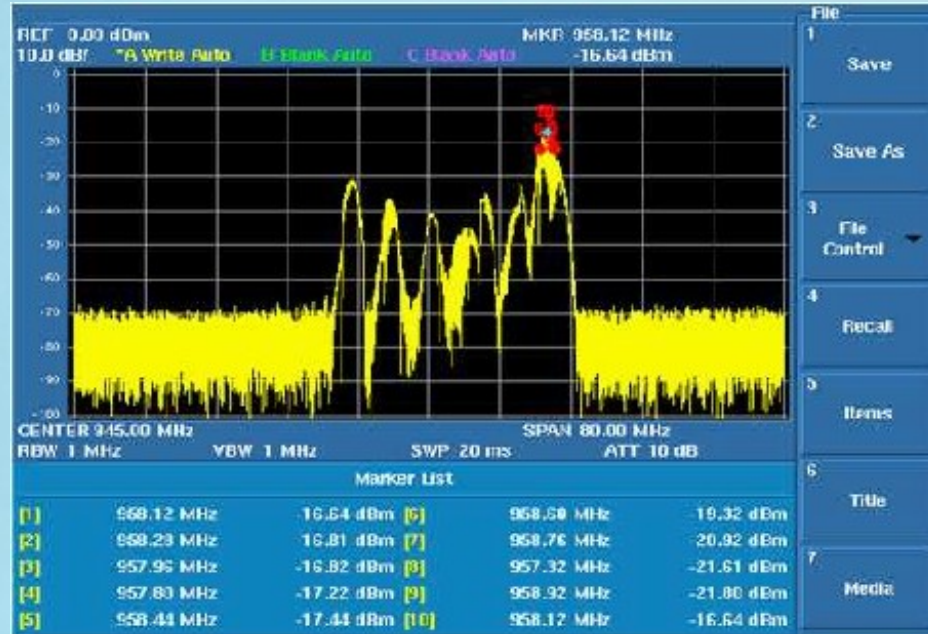
Evoluzione dei sistemi di telefonia

Fig. 2. Comparison of All Generations of Mobile Technologies (1G - 5G).

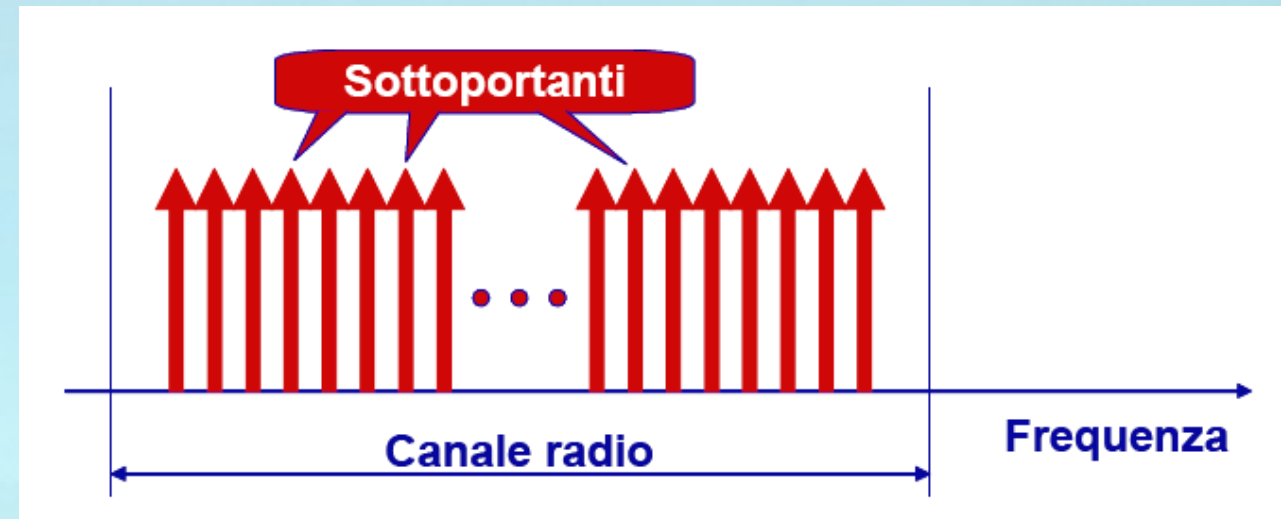
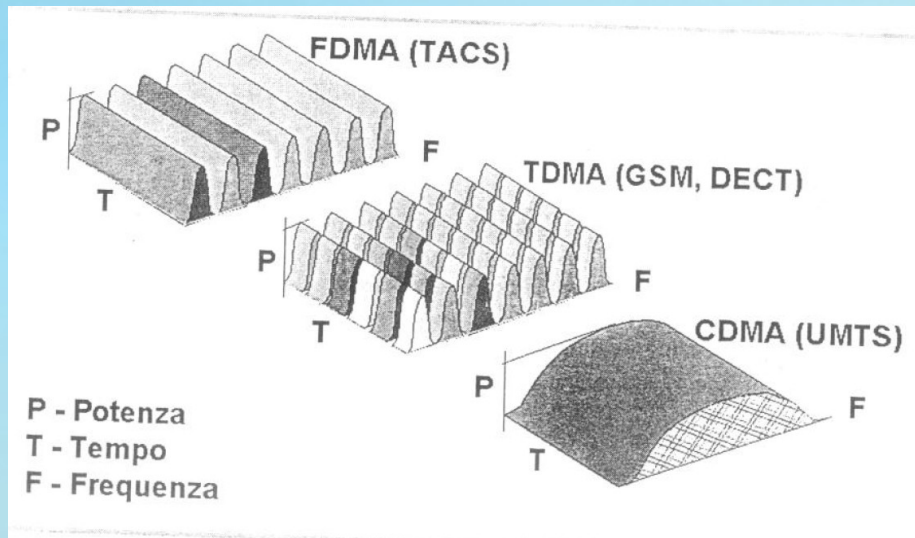
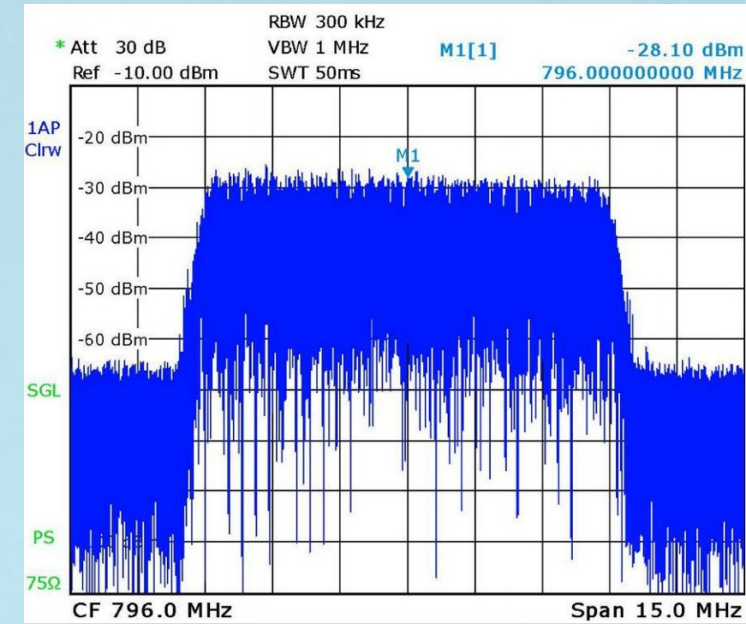
Generation	1G	2G	2.5G	3G	3.5G	4G	5G
Start	1970-1980	1990-2000	2001-2004	2004-2005	2006-2010	2011-Now	Soon (2020)
Data Bandwidth	2 Kbps	64 Kbps	144 Kbps	2 Mbps	More than 2 Mbps	1 Gbps	more than 1 Gbps
Technology	Analog Cellular	Digital Cellular	GPRS, EDGE, CDMA	CDMA 2000 (1xRT, EVDO) UMTS, EDGE	EDGE, Wi-Fi	WiMax LTE Wi-Fi	www
Service	Voice	Digital Voice, SMS, Higher Capacity Packet Size Data	SMS, MMS	Integrated High Quality Audio, Video & Data	Integrated High Quality Audio, Video & Data	Dynamic Information access, Wearable Devices	Dynamic Information access, Wearable Devices with AI Capabilities
Multiplexing	FDMA	TDMA, CDMA	CDMA	CDMA	CDMA	CDMA	CDMA
Switching	Circuit	Circuit, Packet	Packet	Packet	All Packet	All Packet	All Packet
Core Network	PSTN	PSTN	PSTN	Packet N/W	Internet	Internet	Internet
Handoff	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal & Vertical	Horizontal & Vertical

Generation	Speed	Technology	Key Features
1G (1970–1980s)	14.4 Kbps	AMPS,NMT, TACS	Voice only services
2G (1990 to 2000)	9.6/ 14.4 Kbps	TDMA,CDMA	Voice and Data services
2.5G to 2.75G (2001-2004)	171.2 Kbps 20-40 Kbps	GPRS	Voice, Data and web mobile internet, low speed streaming services and email services.
3G (2004-2005)	3.1 Mbps 500- 700 Kbps	CDMA2000 (1xRTT, EVDO) UMTS and EDGE	Voice, Data, Multimedia, support for smart phone applications, faster web browsing, video calling and TV streaming.
3.5G (2006-2010)	14.4 Mbps 1-3 Mbps	HSPA	All the services from 3G network with enhanced speed and more mobility.
4G (2010 onwards)	100-300 Mbps. 3-5 Mbps 100 Mbps (Wi-Fi)	WiMax, LTE and Wi-Fi	High speed, high quality voice over IP, HD multimedia streaming, 3D gaming, HD video conferencing and worldwide roaming.
5G (Expecting at the end of 2019)	1 to 10 Gbps	LTE advanced schemes, OMA and NOMA	Super fast mobile internet, low latency network for mission critical applications, Internet of Things, security and surveillance, HD multimedia streaming, autonomous driving, smart healthcare applications.

Spettro GSM



Spettro LTE



Frequenze 5G Banda **700 MHz** FDD

700 MHz blocco riservato (10 MHz) Iliad (676.472.792€)

700 MHz blocco generico (5 MHz) Vodafone
(345.000.000€)

700 MHz blocco generico (5 MHz) TIM (340.100.000€)

700 MHz blocco generico (5 MHz) TIM (340.100.000€)

700 MHz blocco generico (5 MHz) Vodafone
(338.236.396€)

Frequenze 5G Banda **3.700 MHz**

3.700 MHz blocco specifico (80 MHz) TIM
(1.694.000.000€)

3.700 MHz blocco generico (80 MHz) Vodafone
(1.685.000.000€)

3.700 MHz blocco generico (20 MHz) Wind Tre
(483.920.000€)

3.700 MHz blocco generico (20 MHz) Iliad (483.900.000€)

Frequenze 5G Banda **26 GHz**

26 GHz blocco generico TIM (33.020.000€)

26 GHz blocco generico Iliad (32.900.000€)

26 GHz blocco generico Fastweb (32.600.000€)

26 GHz blocco generico Wind Tre (32.586.535€)

26 GHz blocco generico Vodafone (32.586.535€)

Lo sviluppo delle reti di telefonia mobile

Mobile communications: from 1G to 5G

Generation	Device	Specifications
1G		<p>1G</p> <p>Year: early 80s</p> <p>Standards: AMPS, TACS</p> <p>Technology: Analog</p> <p>Bandwidth: -</p> <p>Data rates: -</p>
2G		<p>2G</p> <p>Year: 1991</p> <p>Standards: GSM, GPRS, EDGE</p> <p>Technology: Digital</p> <p>Bandwidth: Narrow Band</p> <p>Data rates: < 20 - 100 Kbit/s</p>
3G		<p>3G</p> <p>Year: 2001</p> <p>Standards: UMTS / HSPA</p> <p>Technology: digital</p> <p>Bandwidth: Broad Band</p> <p>Data rates: up to 2 Mbit/s</p>
4G		<p>4G</p> <p>Year: 2010</p> <p>Standards: LTE, LTE Advanced</p> <p>Technology: digital</p> <p>Bandwidth: Mobile Broad Band</p> <p>Data rates: HD-like experience</p> <p>1 hr HD movie in 6 minutes</p>

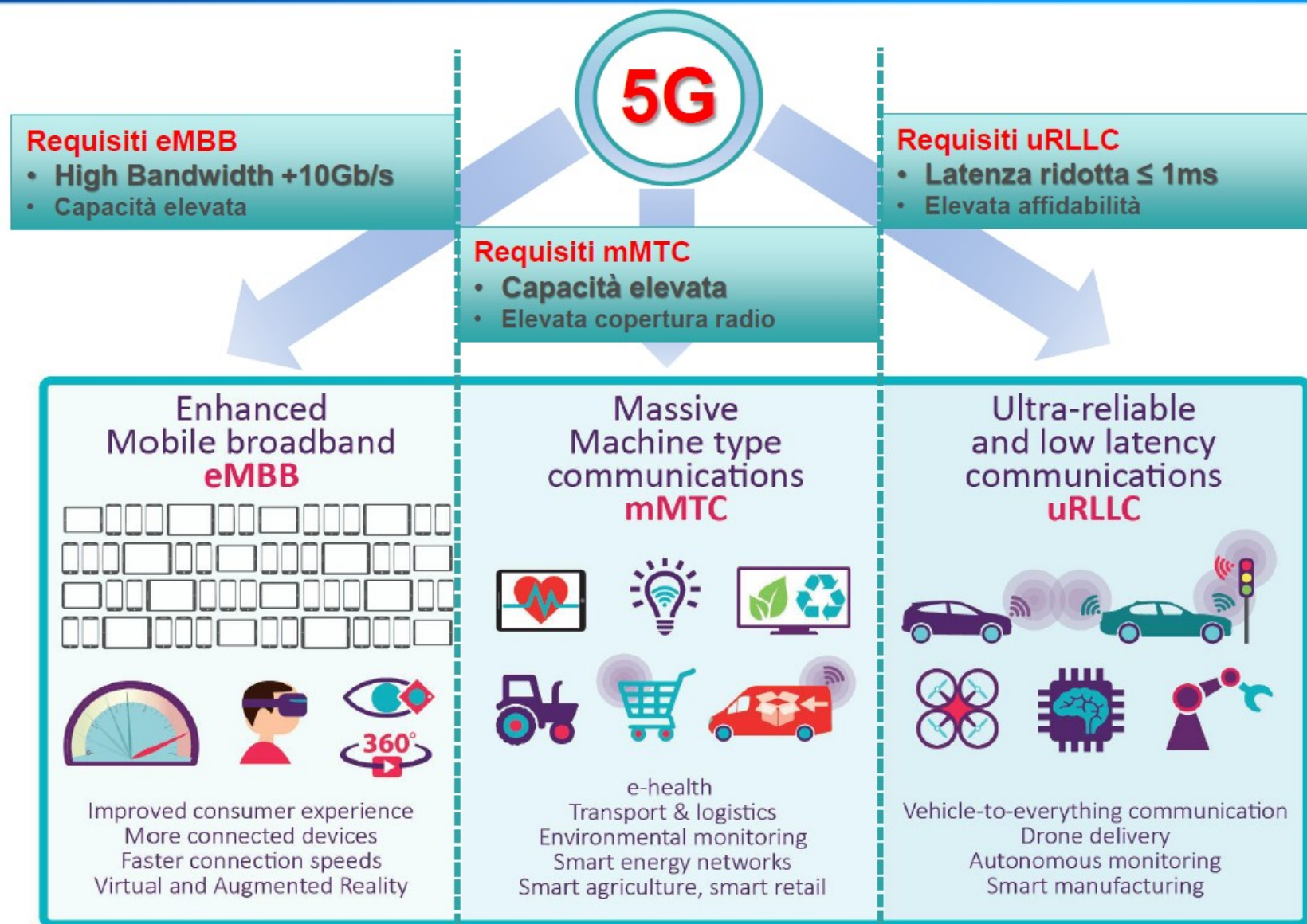
People

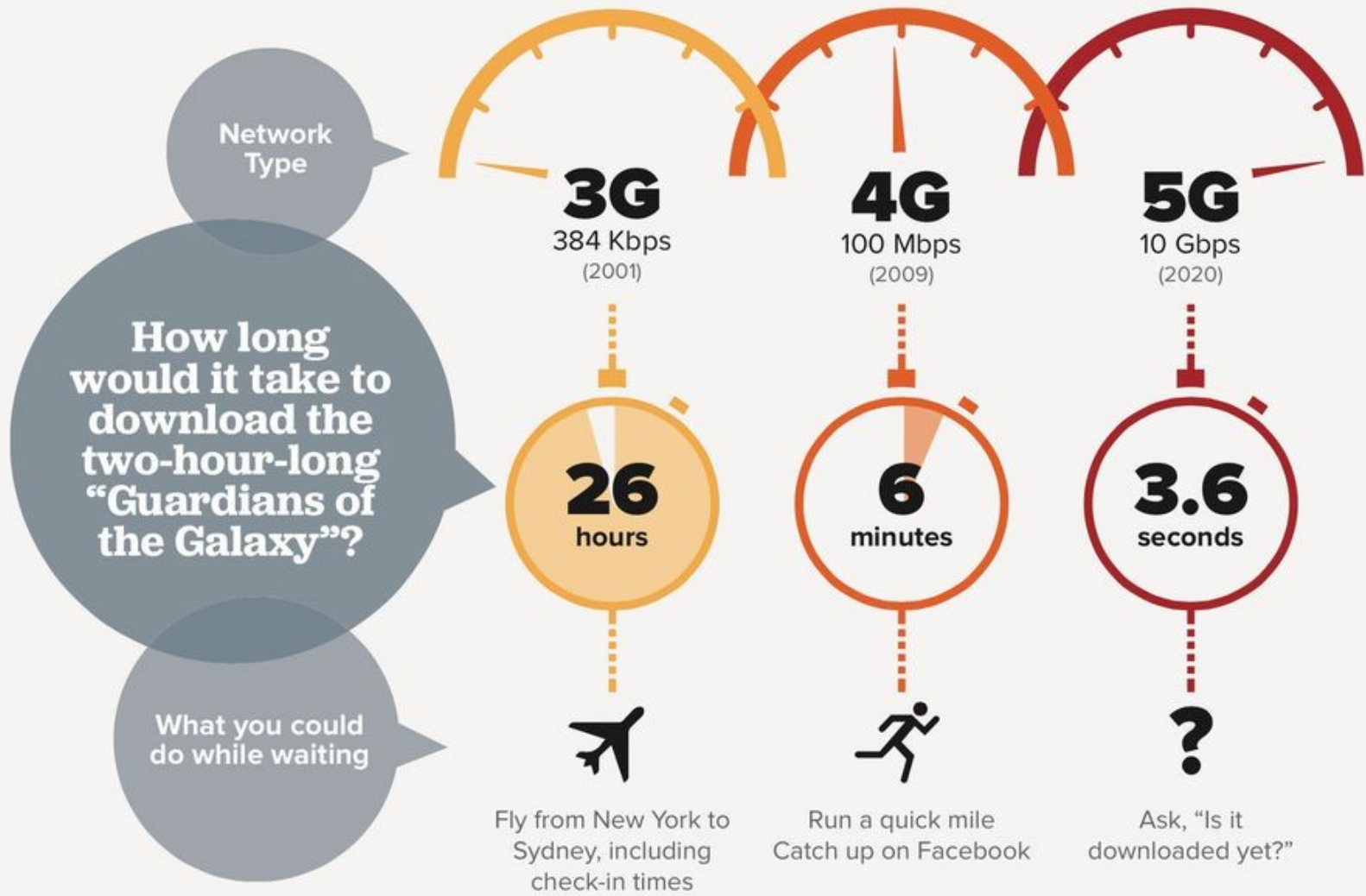


People & Things

5G is about Communication, Storage, Processing...

5G: Le tre grandi direttrici di sviluppo dei servizi





Network Type

How long would it take to download the two-hour-long "Guardians of the Galaxy"?

What you could do while waiting

26
hours



Fly from New York to Sydney, including check-in times

6
minutes



Run a quick mile
Catch up on Facebook

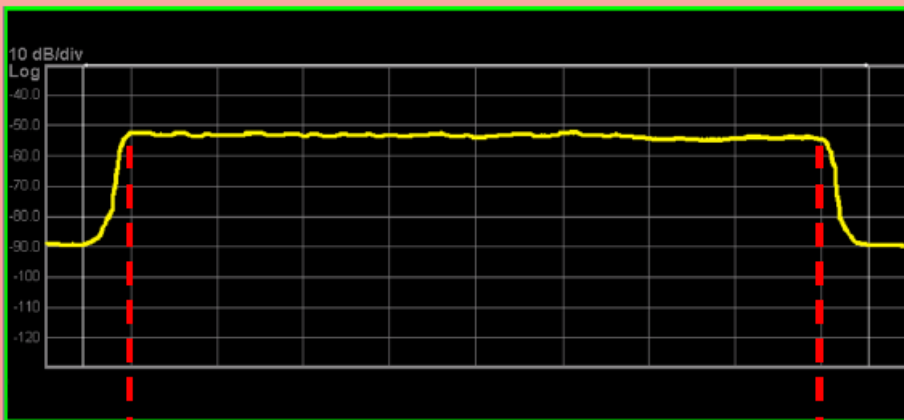
3.6
seconds



Ask, "Is it downloaded yet?"

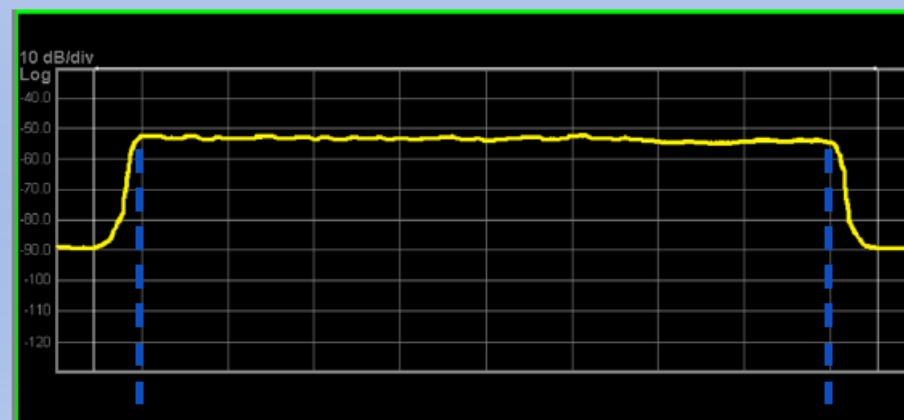
Più banda = maggiore data rate!!!!

4G

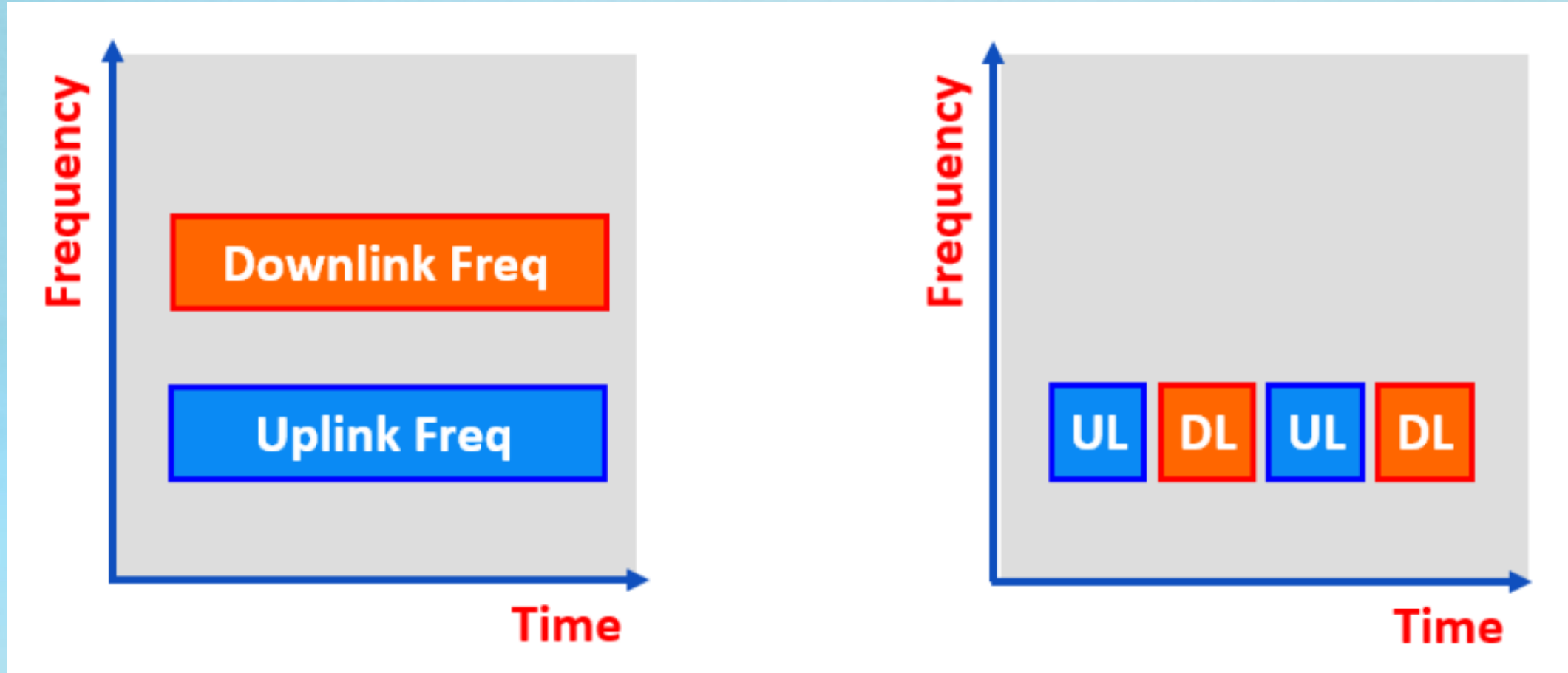


1.4 – 3 – 5 – 10 – 15 – 20 MHz

5G

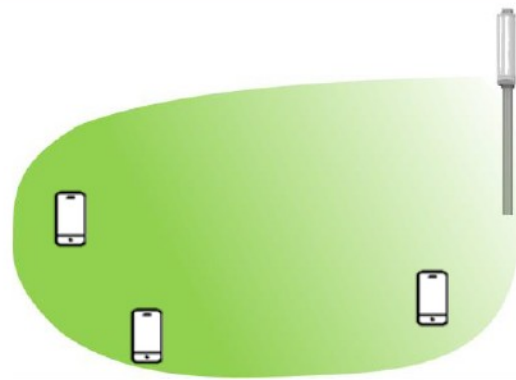


fino a **100 MHz** per **sub-6 GHz**
fino a **400 MHz** per **mmWave**



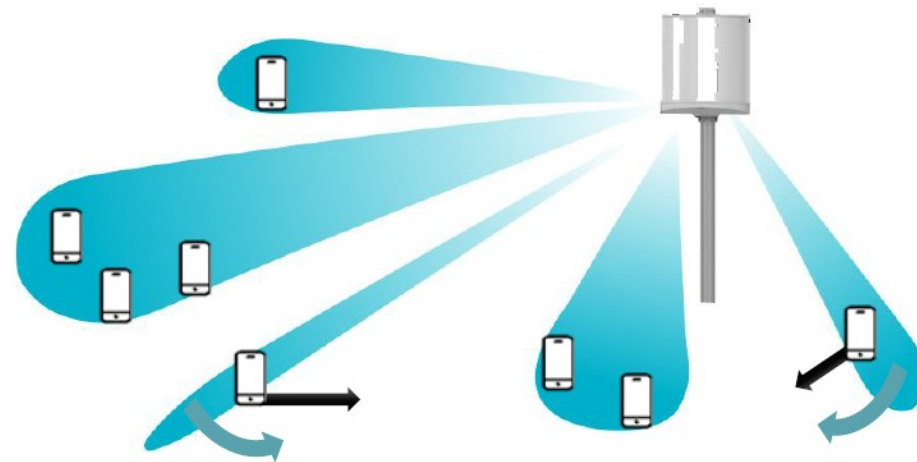
Le antenne Massive MIMO

Antenne tradizionali



- La potenza è irradiata in un'area «statica» che dipende dall'apertura angolare dell'antenna
- L'area in cui si trovano gli utenti è esposta con distribuzione spaziale costante (maggiore o minore intensità, ma stessa distribuzione)

Antenne Massive MIMO



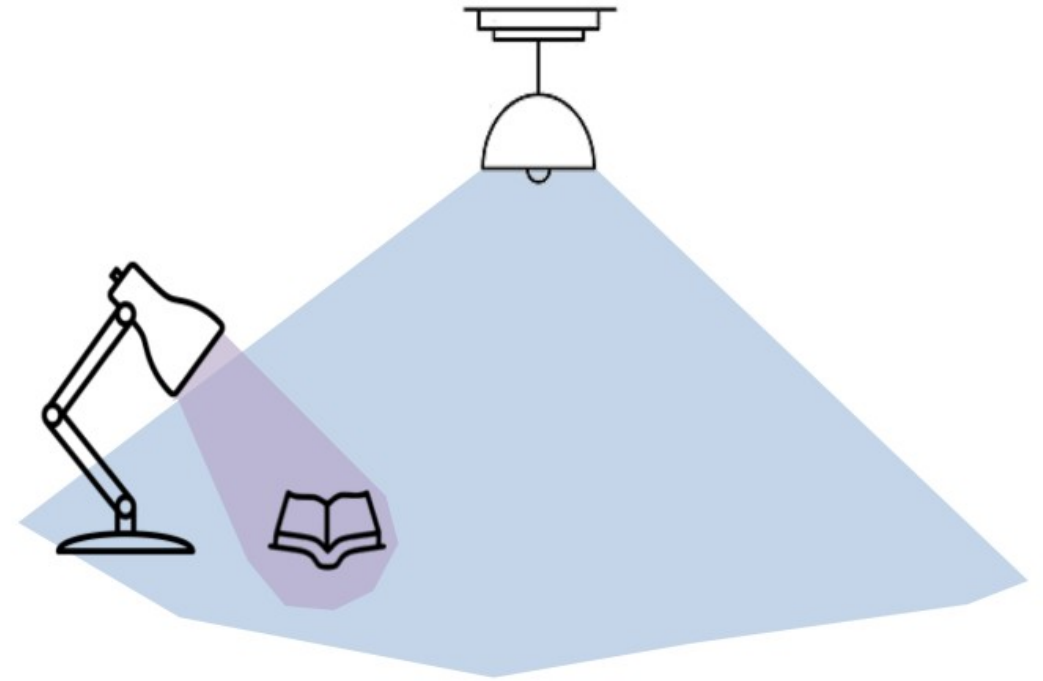
- La potenza viene irradiata in direzioni specifiche e focalizzata verso singoli utenti o gruppi di utenti ravvicinati
- Al fine di «inseguire» gli utenti in movimento (indirizzare i fasci) e limitare le interferenze verso altri utenti, le direzioni di trasmissione cambiano ad ogni intervallo di trasmissione

► **Luce d'ambiente**

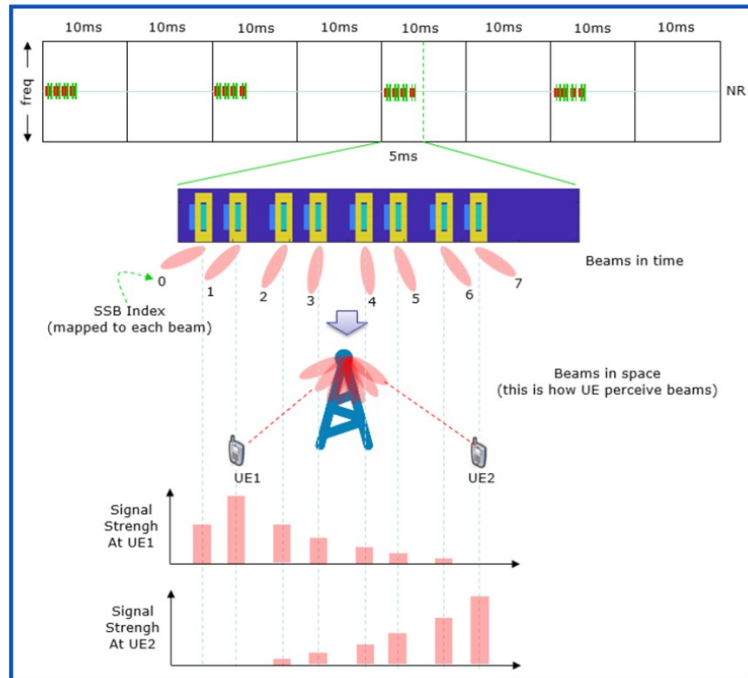
- Con la luce d'ambiente si illuminano artificialmente tutti gli spazi interni di un locale

► **Luce direttiva**

- Con faretti direttivi è possibile illuminare solo una zona dove è necessaria la luce e aumentare l'efficienza energetica



5G: Beam Sweeping attraverso gli SSB [2]



Una volta stabilita la connessione con l'UE, la SRB è in grado di sagomare ancora meglio il fascio dando luogo al cosiddetto **beamforming**

Immagine - Paint



Fonte Arpa Lazio – Ing. S. Pavoncello

ANTENNE mMIMO

ARRAY PLANARE DI ANTENNE

MATRICE DI ELEMENTI A DOPPIA POLARIZZAZIONE

MATRICE DI SUB-ARRAY (2, 4, 8 ELEMENTI)

DIAGRAMMA ASSOCIATO A ELEMENTO O SUB-ARRAY

Presentazione_Grillo_Perugia_Finale.pdf (PROIETTO)

Array gain x Sub-array gain = Total antenna gain

$$G_{tot} = G_{el} + 10 \log(N)$$

5G NR 4Beam

4G LTE 1Beam

CONTROL CHANNELS (SSB)
BROADCAST BEAM
BEAMSWEeping 5G
DIAGRAMMA BROADCAST

DATA CHANNELS
SERVICE BEAM
BEAMFOARMING 5G
DIAGRAMMI MULTIPLI

Fonte Arpa Lazio – Ing. E Grillo

Valutazioni sul 5G

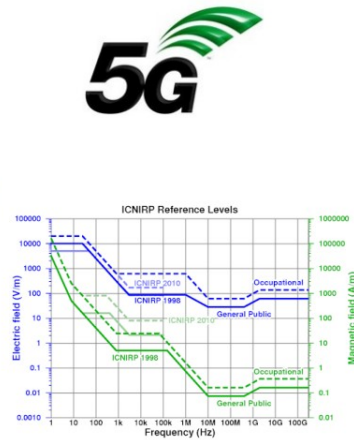
Considerazioni sulle bande assegnate

► **La tecnologia radio è irrilevante rispetto agli effetti accertati**

- Conta solo la potenza e la frequenza utilizzate
- Al 5G si applicano le stesse linee guida degli altri sistemi 2G/3G/4G così come di WiFi, WiMax, ecc.

► **Le frequenze usate dal 5G ricadono in quelle oggetto delle linee guida**

- Quelle del ICNIRP sono valide da 100 MHz a 300 GHz
- Le frequenze 5G sono 700 MHz, 3.6 GHz, 26 GHz
- Le prime due sono simili a quelle usate per i sistemi 4G
- L'ultima (onde millimetriche) è simile a quelle usate per i ponti radio e per i sistemi satellitari



Considerazioni sui fattori di attenuazione (fattore di riduzione statistico della potenza massima)

- 60 -

IEC TR 62669:2019 © IEC 2019

Experiment #5 (see Table 16) corresponds to a one-week analysis on a single Band 38 mMIMO hotspot site during an extremely high-traffic event. The statistical analysis of the 15 min averaged transmitted power per beam is shown in Figure 21 and the actual maximum EIRP and related values are provided in Table 18.

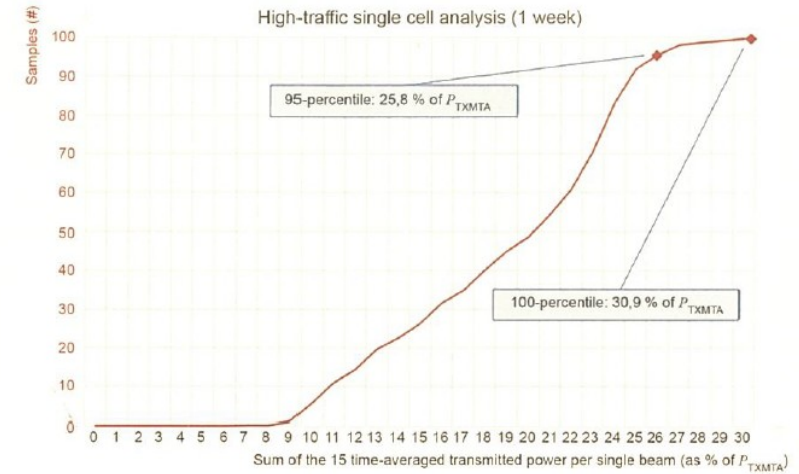
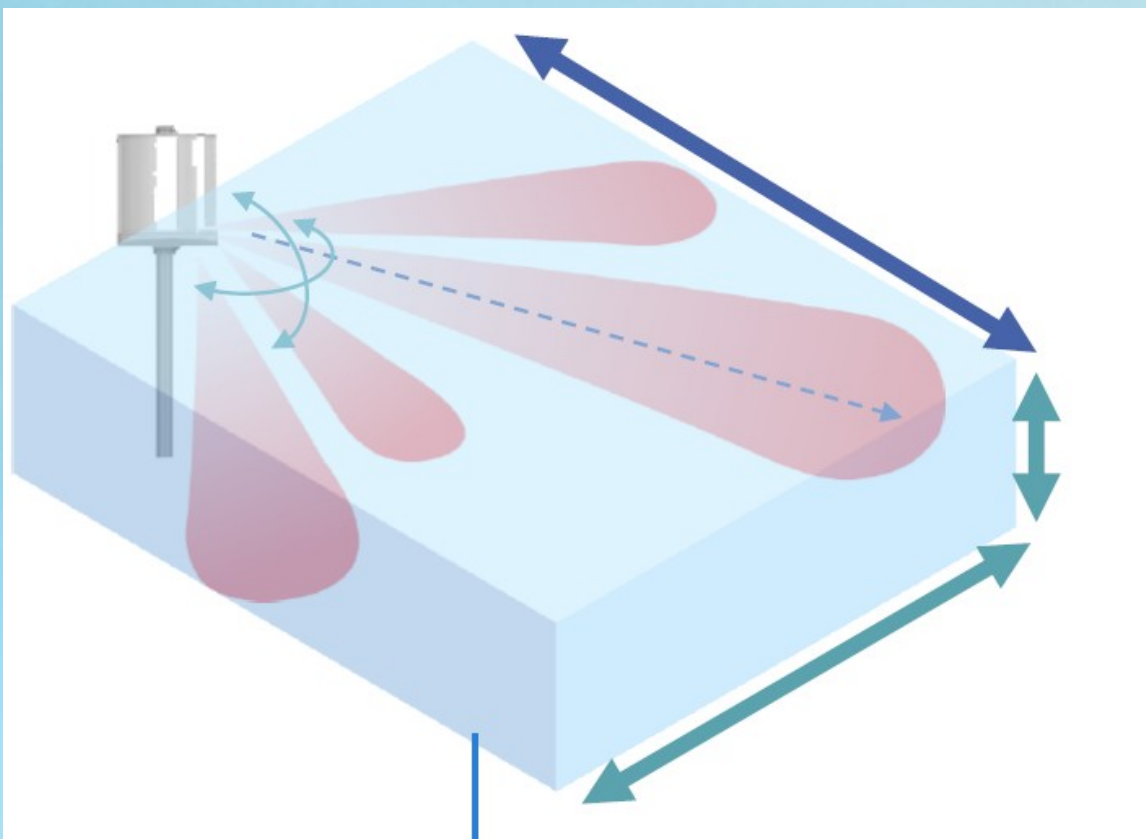


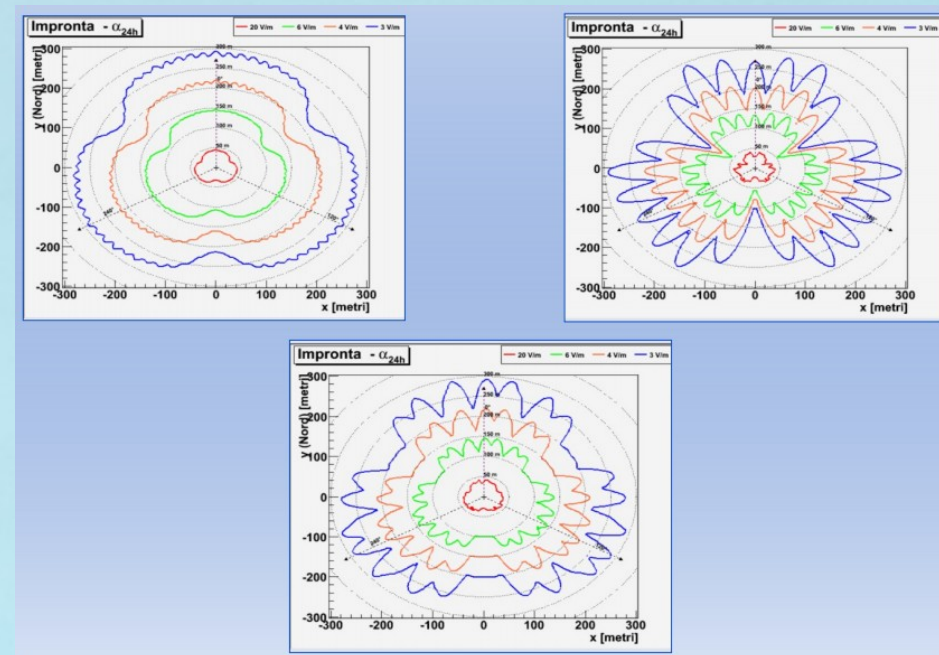
Figure 21 – CDF in high-traffic conditions (experiment #5)

In Table 18, for example, the actual maximum EIRP using the 95th percentile approach is calculated with Equation (7) considering the base station configuration parameters shown in Table 16, as follows:

Fattori di valutazione cautelativi – Diagramma di Inviluppo



Fonte CEI – Ing. D'Elia



Fonte Arpa Lazio – Dott. D. Franci

Il diagramma inviluppo è ottenuto considerando, per ogni direzione, il valore più alto fra i guadagni di tutti i possibili fasci di traffico sintetizzabili dall'antenna in quella direzione.

Criticità potenziali

- Aspetti legati alla misura di emissioni variabili
- La questione delle onde millimetriche
- La ripartizione della potenza in caso di un unico beam

BUONE PRATICHE

- Usate i vostri dispositivi mobili in comunicazione per poco tempo
- Usate i telefonini con gli auricolari tenendoli lontani dai voi quando effettuate la chiamata
- Cercate di usare periferiche del PC (mouse o tastiera) non wireless
- Router posizionati in zone centrali rispetto all'area di utilizzo
- I dispositivi emettono solo quando sono in funzione (esempio misure Wifi e Radioamatore)
- Avere un'antenna vicino non è sempre uno svantaggio se si usano spesso i dispositivi mobili

Ringrazio le/i colleghe/i

Dott.ssa Monica Angelucci

Dott.ssa Orietta Baglioni

Ing. Dina Vitelli

Tecnico Francesco Grabrielli

Dott.ssa Alessandra Bigotti

Ing. Giorgio Cappellini

e voi per l'attenzione

Mail: d.ceccarelli@arpa.umbria.it